

Phys. sp.

116

m

Phys. sp.

116 ^m

Buchholz, Fz.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

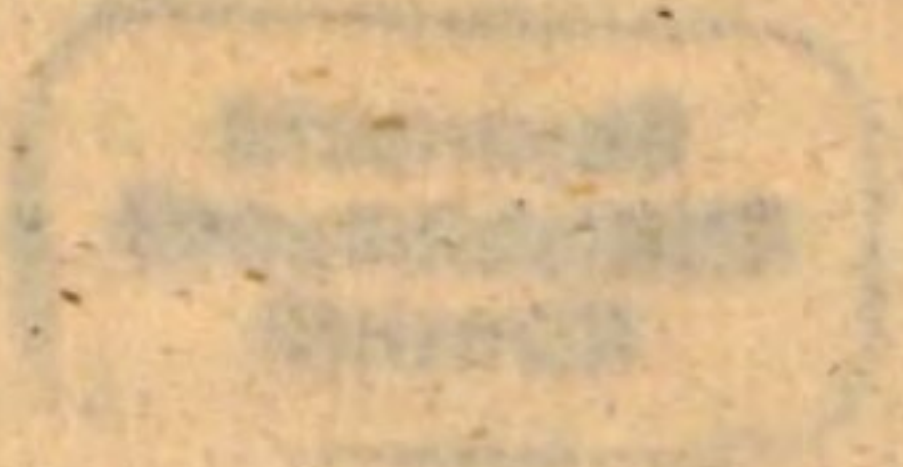
1902

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1902

THE UNIVERSITY OF CHICAGO



1902

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1902

1902

KRITIK

DER

ISOCHRONEN BEWEGUNGEN.

Ἐπεχε νῦν σκοπῶ τίξον
ἄγε, θυμέ.

Pindari Olymp. Od. II, 160.

VON

FR. BUCHHOLTZ.

BERLIN.

EDUARD KRAUSE.

1847.

277. 15.

KRITIK

DER

BIBLIOTHECA

REGIA

MONACENSIS.

Printed by the University of

the State

of Munich

1841

EDWARD KRAUSE.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BERLIN

EDWARD KRAUSE.

1841

Es giebt in verschiedenen Theilen der Naturwissenschaften noch immer manche Begriffsbestimmungen, die nur aus unerwiesenen Voraussetzungen entstanden sind, wie dies auch dem allmählichen historischen Gange dieser Wissenschaften gemäß ist. Von einer Hypothese zur andern mussten sie weiter fortbauen, um nur erst einen Boden zu gewinnen, und in ihren ersten Anfängen haben sich alle Naturwissenschaften fast nur in unbegründeten und unzusammenhängenden Hypothesen bewegt. Als aber die Menge gesammelter Erfahrungen wuchs und besonders die Mittel zu immer genaueren Beobachtungen sich stets mehr vervollkommneten, so wurden die Naturwissenschaften mit Recht aus spekulativen Wissenschaften, wie sie es früher gewesen waren, schon längst zu rein empirischen; denn ihre Aufgabe bestand endlich nur darin, die Resultate der gesichertsten Erfahrungen zusammenzustellen, dieselben immer vollkommener zu ordnen und wissenschaftlich zu erfassen. Je höher nun aber die Leistungen der praktischen Physiker im Laufe der Zeit gestiegen sind, desto öfter muss man auf den wissenschaftlichen Gewinn der früheren Zeiten zurückschauen und denselben kritisch beleuchten, um alle unbegründeten und falschen Vorstellungen, die sich noch eingeschlichen oder vielmehr erhalten haben, durch richtigere zu ersetzen. Und bei dem unübersehbaren und endlosen Reichthum der Natur werden wir fast in allen Naturwissenschaften gewiss noch lange auf unrichtige und nur halb wahre Ansichten stossen, deren Widerlegung eine Aufgabe späterer Zeiten sein wird.

Der Zweck der nachfolgenden Blätter geht dahin, sich mit einer Kritik der sogenannten gleichförmigen oder isochronen Bewegungen zu befassen und zu zeigen, dass man den Begriff eines einfachen Isochronismus aus dem Umfange der praktischen Naturlehre ganz zu verweisen habe. Gleichförmig oder isochron nennt man bekanntlich diejenigen Bewegungen, von welchen behauptet wird, dass sie in gleichen Abschnitten der Zeit immer gleiche Abschnitte des Raumes durchlaufen. Die Frage, ob es solche Bewegungen in der Natur wirklich gebe, ist schon an sich interessant, und sie muss überdiess auch vielfach in unsere genauere Kenntniss der wichtigsten Thätigkeiten der Natur eingreifen. Besonders aber wird eine Untersuchung dieser Bewegungen zu einer recht eigentlichen Lebensfrage für die bisher recipirte Theorie der allgemeinen Gravitation aller Himmelskörper, wie es sich weiter unten zeigen wird.

Der höheren Fortbildung aller einzelnen Naturwissenschaften zu einer Gesamtwissenschaft kann es nur hinderlich sein, wenn auf einigen Gebieten der Naturforschung die einmal fertigen Theorien ein zu überwiegendes Ansehen erlangen, so dass die Kritik späterer Zeiten eine neue Prüfung derselben nicht mehr für nöthig achtet. Nie hat hier eine Theorie das Recht, sich schon für fertig anzusehen, so lange spätere, theils genauere, theils umfassendere Beobachtungen noch im Stande sind, neue Entdeckungen zu machen oder neue Gesichtspunkte zur Vergleichung den alten hinzuzufügen. Mit solchen Theorien aber, die gar nur ein Produkt blosser Reflektionen des Verstandes sind, reicht man in den Naturwissenschaften gar nicht aus, sondern es lassen sich darauf die bekannten Götheschen Worte anwenden, die wir hier nicht erst nöthig haben werden zu wiederholen.

Auch die Theorie der isochronen Bewegungen leidet daran, dass sie sich zwar so lange, als man sich nur in philosophischen Spekulationen bewegt, ganz leidlich und annehmbar ausnimmt, aber in der Natur selbst noch keinesweges ihre Bestätigung wirklich gefunden hat. Einfache isochrone Bewegungen

giebt es vielmehr, so weit unsere bisherigen Erfahrungen oder die Analogien mit unseren Erfahrungen zu reichen vermögen, gar nicht, weder für materielle durch den Raum fortbewegte Körper, noch für die ausgesendeten Wirkungen blosser Naturkräfte. Alle aus momentanen Ursachen hervorgegangenen Bewegungen sind von abnehmender Geschwindigkeit; alle Bewegungen hingegen, deren Gleichförmigkeit erwiesen zu sein scheint, bedürfen stetig nachwirkender Kräfte zur Erhaltung ihres Isochronismus*). Der Begriff einfacher isochroner Bewegungen gehört nur in das Gebiet der philosophischen Naturlehre, in welcher allerdings zuweilen unmögliche Voraussetzungen verstattet sein können, um die Wirkungen verschiedener gleichzeitig wirkender Kräfte einzeln zu erforschen und sich die besonderen Folgen jeder einzelnen zur möglichst klaren Anschauung zu bringen. Allein in der praktischen Naturlehre muss man die Natur nehmen, wie sie wirklich ist, und in ihr wirken die einzelnen Kräfte nie ganz rein, sondern immer nur unter dem Einflusse einer Menge von andern Kräften. Daher erleiden alle Bewegungen gewisse Reaktionen, und der Begriff eines einfachen Isochronismus findet nirgends seine Anwendung. Doch da die hiermit ausgesprochene Behauptung nur auf Erfahrungsbeweise gestützt werden darf, so werden wir uns jetzt zu den vorliegenden Thatsachen selbst wenden.

Für isochron hat man folgende Bewegungen gehalten: 1) die fortschreitende Geschwindigkeit der Wellen tropfbarer Flüssigkeiten, wenigstens unter gewissen Umständen; 2) die Fortpflanzung des Schalls; 3) die Schnelligkeit des Lichtes; 4) die Dauer der Schwingungen desselben Pendels bei sehr kleinen Schwin-

*) Eben diese Behauptung hat der Vf. dieses schon in seiner im vorigen Jahre erschienenen Brochüre: „Neue Theorie der Mechanik des Himmels,“ Berlin, Ed. Krause, S. 28 ausgesprochen. Nur war es dort nicht möglich, auf ihre nähere Begründung weiter einzugehen. Diese Begründung soll jedoch jetzt in den folgenden Blättern gegeben werden.

gungsbögen; 5) die Rotationen der Himmelskörper und 6) ihre Umlaufbewegungen, wenn man von ihren effektiven Geschwindigkeiten die Wirkungen der gegenseitigen Anziehungen subtrahirt.

Der angebliche Isochronismus einiger dieser Bewegungen ist schon durch die Erfahrung widerlegt, und diejenigen Gründe, welche man für den einfachen Isochronismus der noch nicht widerlegten anführt, sollen im Nachfolgenden entkräftet werden. Wir werden jetzt die genannten Bewegungen einzeln der Reihe nach durchgehen.

I. Die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten.

Eine auf Erfahrung gegründete, möglichst genaue Kenntniss der Wellenbewegungen des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten ist für die Theorie aller undulirenden Bewegungen gewiss von der grössten Wichtigkeit. Wir wissen zwar nicht mit voller Bestimmtheit, wie weit wir berechtigt sind, die Gesetze, nach welchen die Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten geregelt werden, auf den Verlauf der Schallwellen oder der sonst noch in der Natur vorkommenden undulirenden Bewegungen anzuwenden. Doch gewisse Aehnlichkeiten müssen immer Statt finden, und wenn z. B. durch die Erfahrung feststeht, wie die Gesetze des Fortschritts der Wellen tropfbarer Flüssigkeiten sich modificiren, je nachdem die Wellen nur nach einer Richtung zwischen parallelen Seitenwänden oder allseitig auf unbegrenzter Fläche sich ausbreiten: so werden sich daraus auch gewisse Schlüsse ziehen lassen für diejenigen undulirenden Bewegungen, welche sich nicht bloss nach einer oder zwei, sondern nach allen drei Dimensionen des Raumes gleichzeitig fortpflanzen. Und wenn solche Schlüsse allein auch nicht ausreichen, um das Naturgesetz der Ungleichförmigkeit der zuletztgenannten Bewegungen über allen Zweifel zu erheben, was uns hier das Wichtigste ist: so werden sie doch zu neuen Untersuchungen und Vergleichen veranlassen und uns auffordern, immer vollständigere und umfassendere Erfahrungen über diesen streitigen Punkt einzusammeln.

Wie von der Fortpflanzung des Schalls und des Lichtes, so hat man auch oft von der fortschreitenden Wellenbildung auf der Oberfläche des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten einen vollkommenen Isochronismus der Bewegung behauptet, und man behauptet ihn noch jetzt wenigstens von den Wellen zwischen den parallelen Seitenwänden eines Kanals. Die genauesten Erfahrungen können hier allein entscheiden, und glücklicher Weise haben wir durch die ungemein sorgfältigen Bemühungen der beiden Brüder Weber jetzt sehr zuverlässige Aufschlüsse über den wirklichen Verlauf der Wellenbildungen erhalten. Alle älteren und neueren Theorien, die man nur auf allgemeinere mechanische Grundsätze und auf mathematische Berechnung der zur Bildung der Wellen zusammenwirkenden Kräfte zu stützen suchte, haben sich als unhaltbar erwiesen, indem sie mit der Erfahrung nicht übereinstimmen. Newton, Grevesande, d'Alembert, Gerstner und Andere machten den Grad der Geschwindigkeit, mit welcher die Wellen auf der Oberfläche des Wassers fortschreiten, besonders von ihrer Breite abhängig. Allein daraus würde folgen, dass die fortschreitenden Wellen sogar stetig an Geschwindigkeit zunehmen müssten, indem sie in ihrem Fortgange stetig breiter werden. Die Gebrüder Weber, welche die Resultate ihrer Untersuchungen in ihrer bei den Physikern für klassisch geltenden Schrift: „Die Wellenlehre, auf Experimente gegründet etc. Leipzig 1825“ niedergelegt haben, erklären, dass die Wellen auf unbegrenzter Oberfläche eine sehr merklich abnehmende Geschwindigkeit zeigen, und bei den Wellen in einem Kanale oder in einer Rinne zwischen parallelen Seitenwänden wird die Abnahme der Geschwindigkeit von ihnen nur als eine fast unmerkliche bezeichnet. Sie sagen hierüber wörtlich Folgendes: „Wenn eine Welle zwischen parallelen Seitenwänden fortschreitet und daher an Länge weder zu- noch abnimmt, so vermindert sich dabei ihre Höhe, aber es vermehrt sich auch zugleich ihre Breite. Weil nun die Geschwindigkeit der Wellen von beiden, von der Höhe und Breite, zugleich abhängt, so bleibt sie fast unverändert, und die Welle wird daher nur um soviel langsamer,

als die Reibung der Flüssigkeit an den Wänden des Gefäßes und der Widerstand der Luft ihre Geschwindigkeit vermindert.“*)

Auch in diesem letztgenannten Falle gilt daher immer noch eine abnehmende Geschwindigkeit der Wellen als Erfahrungssatz. Dennoch scheint gewissermassen eine vollkommene Gleichförmigkeit der Wellenbewegungen behauptet zu werden, indem die Ursache der Geschwindigkeitsabnahme nicht in der Flüssigkeit selbst, sondern nur in ausserwesentlichen Umständen gesucht wird. Folglich könnte wohl Mancher entgegnen: in diesem Falle gebe es in der That eine ganz einfache isochrone Bewegung, deren Vorkommen in dem ganzen Umfange der physischen Welt hier eben geleugnet werden soll. Denn wenn man nun jene ausserwesentlichen Umstände hinwegdenkt oder in Abrechnung stellt, so müsste nach dem oben Mitgetheilten doch wenigstens in der Flüssigkeit selbst die Fähigkeit liegen, die Wellenbewegung mit vollkommen gleichförmiger Geschwindigkeit fortzupflanzen.

Gewiss kann nur wenig daran liegen, dieses vorläufig einmal zuzugeben; denn was würde selbst hieraus folgen müssen? Nichts Anderes, als dass die ursprüngliche Geschwindigkeit der Wellen unter allen wirklich vorhandenen Umständen allemal in eine langsamere übergehen muss, weil nämlich die ausserwesentlichen Umstände, als der Druck der Luft, Reibung u. s. w., in der Wirklichkeit nie ganz wegfallen können. Bringt man also diese Umstände in Abrechnung, so tritt man ja eben aus der wirklichen Welt in eine bloss eingebildete und geht aus der praktischen Naturlehre in eine bloss philosophische über, was uns über die effektiven Vorgänge der Natur nur zu häufig zu irrthümlichen Ansichten führt.

*) Lehrbuch der Experimental-Physik oder Erfahrungs-Naturlehre von Jean Baptiste Biot, übersetzt von Gustav Theodor Fechner, zweite Aufl. Leipzig 1828, Band I, erstes Buch, erstes Schaltkapitel, in welchem Fechner die Resultate der Wellenlehre der Gebrüder Weber in ziemlich vollständiger Uebersicht mittheilt. Siehe daselbst: Abschnitt C, das 29. Resultat.

In dem vorliegenden Falle sind wir aber noch gar nicht genöthigt, selbst nach Hinwegdenkung aller ausserwesentlichen Umstände, einen vollkommenen Isochronismus der Bewegung anzunehmen. In der That haben schon die beiden Professoren Weber ihre anscheinend ohne alle Restriktion hingestellte Folgerung nicht im strengsten Sinne nehmen können, indem sie dieselbe später selbst wieder ins Ungewisse gezogen haben. In dem 31sten Resultate ihrer Untersuchungen geben sie nämlich nach Fechner folgende Erklärung: „Es ist noch nicht ausgemittelt, ob die Unvollkommenheit des Flüssigseins der Flüssigkeiten, ihre Klebrigkeit, die Beimischung fester Stoffe u. s. w. die Wellen unmittelbar langsamer mache, und in welchem Grade?“

Dieses auszumitteln mag allerdings sehr schwer sein, wie denn überhaupt der genauere wirkliche Verlauf der fortschreitenden Wellenbildung für die Untersuchungen der praktischen Physiker sich als ein ungemein schwieriger Gegenstand ausgewiesen hat. Allein wir dürfen es wenigstens als einen nicht mehr zu bestreitenden Erfahrungssatz ansehen, dass die Wellenbewegungen aller tropfbaren Flüssigkeiten unter keinen Umständen eine isochrone Geschwindigkeit haben, und dass selbst die Theorie eines einfachen Isochronismus für Wellen zwischen den parallelen Seitenwänden eines Kanals eine unhaltbare Ansicht ist, die durch die wirklichen Vorgänge der Natur nicht bestätigt wird.

Ja wir müssen sogar hinzufügen, dass wir uns genöthigt sehen, schon in den Flüssigkeiten selbst allemal eine die Geschwindigkeit der Wellen verzögernde Kraft anzuerkennen. Denn bei allen auf unbeschränkter Oberfläche der Flüssigkeiten fortschreitenden Wellen fällt die Reibung an den Seitenwänden des Kanals fort; der Druck der Luft ist derselbe, und dennoch ist die Abnahme der Geschwindigkeit hier schneller als in jenem Falle. Läge also in der Flüssigkeit selbst keine Reaktion gegen den gleichförmigen Fortschritt der Wellen, so müssten diese letzteren zwischen parallelen Grenzen schneller abnehmen, als auf unbegrenzter Oberfläche, weil sie dort noch eine Reibung mehr zu überwinden haben, als hier.

Zwar sagt man, dass auf unbegrenzter Oberfläche die Wellenbewegung deshalb verzögert werden müsse, weil hier eine immer grössere Zahl von Flüssigkeitstheilchen von der allseitig sich weiter verbreitenden Wellenbildung ergriffen werde, und also die kleine Anzahl zuerst bewegter Theilchen nicht der immer grösser werdenden Menge derselben ein eben so grosses Maass von Schnelligkeit mittheilen könne, als wenn die Zahl der bewegten Flüssigkeitstheilchen sich fortwährend gleich bliebe. Hiergegen ist indessen zu bemerken, dass die fortschreitende Geschwindigkeit der Wellen in einem ausserordentlich viel geringeren Maasse abnimmt, als die Anzahl der zu bewegenden Theilchen grösser wird, und dass also schon aus diesem einzigen Grunde die Abnahme der Geschwindigkeit nicht von der Zunahme der Anzahl der zu bewegenden Theilchen herrühren kann. Sodann findet ein solcher Grundsatz nach den Ansichten aller Physiker bei den für gleichförmig geltenden Geschwindigkeiten des Lichtes und des Schalles gar keine Anwendung. Auch hier werden in einem unbegrenzten Raume immer mehr Theilchen des die Bewegung fortpflanzenden Mediums sollicitirt, und doch hat dies auf den grösseren oder geringeren Grad der Geschwindigkeit angeblich gar keinen Einfluss. Dieser Umstand, dass auf unbegrenzter Oberfläche der Flüssigkeiten die Anzahl der zu bewegenden Flüssigkeitstheilchen immer grösser wird, kann daher nur eine stärkere Abnahme der Höhe der Wellen, nicht aber eine stärkere Abnahme ihrer Geschwindigkeit zur Folge haben, wenn wir es als gewiss ansehen sollen, dass, wie die Physiker behaupten wollen, kein Theilchen der Flüssigkeit selbst, nach Abzug aller ausserwesentlichen Umstände, das Vermögen haben soll, die Geschwindigkeit der Wellenbewegung zu verzögern. Liegt hingegen in der Flüssigkeit selbst schon ein gewisses Maass von reagirender Kraft gegen den gleichmässigen Fortschritt der Wellenbewegung, so muss diese Kraft der Reaktion auf unbegrenzter Oberfläche im quadratischen, zwischen den parallelen Seitenwänden eines Kanals aber nur im einfachen Verhältnisse wirksam sein, und hiervon kommt im ersteren Falle die stärkere Abnahme der Geschwindigkeit, als

im zweiten. Ueberhaupt scheint es ein ganz allgemeines Gesetz der Natur zu sein, dass nirgends eine Kraft ohne Gegenkraft wirksam ist. Wo eine bewegende Kraft ist, da ist auch allemal ihr gegenüber oder zur Seite eine verzögernde. Ohne jedoch auf diese Bemerkung für jetzt ein grösseres Gewicht zu legen, werden wir auch im Folgenden nur auf dem Wege der Erfahrung allein den angeblichen Isochronismus der anderen oben genannten Bewegungen zu widerlegen suchen, und wir wenden uns aus diesem Grunde jetzt zur Bekämpfung des allverbreiteten Irrthums, dass der Schall eine gleichförmige Geschwindigkeit besitze.

II. Der Schall.

Die beiden Fragen, welche in Betreff des Schalles zu beantworten sein werden, sind diese: Hat man etwa eine gleichförmige Bewegung desselben in einem sich gleichbleibenden Mittel schon zur Genüge erwiesen, und zwar auf dem Wege gesicherter Erfahrungen? oder zwingen uns nicht im Gegentheil überzeugende Gründe, auch hier keinen Isochronismus der Bewegung anzunehmen? Wir werden uns auch hier nur möglichst genau an erwiesene Thatsachen zu halten suchen.

Am häufigsten pflanzt der Schall sich durch die atmosphärische Luft fort, und daher glaubte man früher lange Zeit, dass die Luft der einzige zur Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles geeignete Körper sei. Die neuern Untersuchungen haben gelehrt, dass alle Körper ohne Ausnahme den Schall nicht nur in sich erzeugen, sondern ihn auch fortleiten und zwar mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten. Doch zur Entscheidung der Frage, ob die Bewegung des Schalls eine gleichförmige oder ungleichförmige sei, ist es hinreichend, nur bei den gefundenen Geschwindigkeiten desselben in der atmosphärischen Luft allein zu verweilen. Auch hat man hierüber verhältnissmässig die sichersten Erfahrungen eingesammelt, indem man sich vielfältig bemühte, die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft durch unmittelbare Messungen festzustellen. Man wählte zu dem Ende möglichst grosse, vorher genau gemessene Entfernungen, feuerte

an dem einen Ende derselben Kanonen ab und mass an dem andern Ende die Zeit, welche zwischen dem erblickten Abfeuern der Kanonen und dem gehörten Knall derselben verfloss. Hierbei nahm man zugleich Rücksicht auf Richtung und Stärke des Windes, und später, als die genauer verglichenen Resultate verschiedener Versuchsreihen dazu nöthigten, berücksichtigte man auch die Grade der Temperatur, beobachtete an beiden Enden der gewählten Schalllinien zugleich und beachtete selbst die verschiedenen Grade der Luftfeuchtigkeit und die Höhe des Barometerstandes, um die gefundenen Geschwindigkeiten des Schalls von allen störenden Einflüssen zu befreien und die Messungen auf eine gewisse Normalbeschaffenheit der atmosphärischen Luft reduciren zu können.

Unter den ältern Messungen der Geschwindigkeit des Schalls in der Luft geschah die im Jahre 1738 von den Mitgliedern der französischen Akademie unternommene mit der grössten Genauigkeit. Diese Messung ist noch jetzt in mancher Beziehung bemerkenswerth. Man hatte zu seinen Untersuchungen damals eine der grössten Standlinien gewählt, die jemals genommen wurden, nämlich 14634 Toisen (28526 Meter) zwischen Montmartre und Montlhery, und fand aus sehr zahlreich wiederholten Versuchen, dass der Schall in der atmosphärischen Luft eine mittlere Geschwindigkeit von 337,18 Meter oder 1038 Par. Fuss in der Sekunde habe. Auch ergab sich für seine Geschwindigkeit bei einer Distanz von 11756 und 14634 Toisen (22913 und 28526 Meter) kein merkbarer Unterschied. Allein diese Versuche geben besonders deswegen immer noch ein unsicheres Resultat, weil man die Kanonen bloss an einem Ende der gemessenen Entfernung abfeuerte und nur an der andern beobachtete*). Später

*) Bei den Versuchen am 14. und 16. März 1738 gab es nur zwei Schüsse, die man einigermaßen correspondirende nennen kann, obwohl doch 35 Minuten zwischen ihnen verflossen. Diese gaben im Mittel $V = 1721,56$; die Temperatur betrug ungefähr $+ 6^{\circ} \text{C}$, folglich ergibt sich die Geschwindigkeit des Schalles bei $+ 10^{\circ} \text{C}$ aus diesen Versuchen gleich 173,84 Toisen, welche die neuern Versuche nur

machte man die Versuche gleichzeitig an beiden Enden und nahm aus beiden Geschwindigkeiten das Mittel. Diess geschah zuerst von den Mitgliedern der französischen Akademie im Jahre 1822, und zwar auf derselben Standlinie, die man bei jenen früheren Versuchen gehabt hatte, aber nur auf der Distanz von Montlhery bis Villejuif 9549,6 Toisen, und man fand die Schnelligkeit des Schalls bei $15^{\circ} 9^{\circ} \text{ C} = 340,9$ Meter, und auf 10° C reducirt $= 337,2$ Meter (1038 Par. F.). Reducirt man dagegen diese Schallgeschwindigkeit auf 0° C , wie es jetzt üblich ist, um die verschiedenen Messungen möglichst genau mit einander vergleichen zu können, so ergibt sich 331,05 Meter (1019,118 P. F.) für die Sekunde. In Deutschland galten die Versuche von Benzenberg lange Zeit als die genauesten. Er fand bei 6° C eine mittlere Geschwindigkeit von 1036,35 Par. Fuss, reducirt auf $0^{\circ} \text{ C} = 1024$ P. F.*). Am gesichertsten unter allen sind jedoch die Ergebnisse der Untersuchungen der holländischen Physiker Moll und van Beek, welche ausgerüstet mit den vorzüglichsten Beobachtungsmitteln im Juni 1823 die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft untersuchten. Ihre Standlinie vom Koltjesberg zwischen der Stadt Naarden und dem Dorfe Blarikum bis zum etwas höheren Zevenbompjes bei Amersfort hatte eine Länge von 17669,28 Meter. Sie liessen mit möglichster Genauigkeit an beiden Enden dieser Schalllinie die Schüsse ganz gleichzeitig abfeuern, während bei den neuesten Versuchen der französischen Akademiker zwischen den correspondirenden Schüssen immer noch ein Zeitraum von 5 Minuten lag. Sie fanden nach Reduktion der Luft auf 0° C und absolute Trockenheit eine Schnelligkeit von 332,049 Meter oder 1022,194 P. F. in der Sekunde**). Ferner sprechen besonders für eine gleichfö-

um 0,83 Toisen übertrifft. Vergl. Poggendorfs Annalen V, 351 ff. Gehlers Physik. Wörterbuch, neue Bearbeitung, Artikel Schall, II, A § 66. Biot Experimentalphysik, übersetzt von Fechner, zweiter Band, drittes Buch, Akustik Kap. 1.

*) Gehlers Physik. Wörterbuch a. a. O. S. 392 u. 393.

**) Poggendorfs Annalen a. a. O., wo die Versuche der holländischen

mige Geschwindigkeit des Schalles die Versuche von Goldingham in Madras, welcher in den Jahren 1820 und 1821 für zwei verschiedene Entfernungen von 29547 und 13932, 3 engl. Fuss aus ungemein zahlreichen Beobachtungen fast genau dieselbe Geschwindigkeit des Schalls fand, nämlich im Mittel für die grössere Standlinie 350,2 und für die kleinere nur 344,9 Meter in der Sekunde*). Auch aus den von Stampfer und Myrbach 1822 im Salzburgischen angestellten Versuchen, bei welchen die beiden Beobachtungsorte einen Höhenunterschied von 4198 P. F. hatten, ergab sich, dass der Schall nach den höhern wie nach den untern Luftregionen eine gleiche Geschwindigkeit zeigt, und ebenso hat Gregory zu Woolwich durch seine Versuche das Resultat erhalten, dass selbst der reflektirte Schall mit nicht geringerer Schnelligkeit weiter eilt, als der direkt fortlaufende**). Endlich aber ist hier noch zu erwähnen, dass Biot zu Paris die Geschwindigkeit des Schalls auch durch die cylindrische Röhre einer Wasserleitung prüfte, in welcher die Schallwellen nur eine einzige Richtung verfolgen konnten. Zwischen Frage und Antwort, welche durch diese Röhre hin- und wiederliefen, lag eine Zeit von 5,58 Sekunden, und da die Länge der ganzen Röhre 951,25 Meter betrug, welchen Weg der Schall zweimal durchlaufen musste, so war seine Geschwindigkeit 340,95 Meter in einer Sekunde***).

Noch andere ältere und neuere Messungen der Schallgeschwindigkeit in der atmosphärischen Luft mögen hier für jetzt übergangen werden, weil sie für die Theorie einer isochronen Geschwindigkeit des Schalls kein neues Moment beibringen. Auch

Physiker vollständig beschrieben sind. Vergl. auch Biot Exp. Physik und Gehlers Phys. Wörterb. a. a. O.

*) Poggendorfs Annalen V, Seite 486 ff. Baumgartner Nat.-Lehre I Theil, dritter Abschnitt, fünftes Kapitel §. 318.

***) Poggendorfs Annalen V, 491, ff. über Gregorys Versuche und S. 496 ff. über Stampfer und Myrbach.

****) Biot Experimental-Physik, übersetzt von Fechner a. a. O. Baumgartner Ntat. L. a. a. O.

sind die hier angeführten Messungen wohl die zuverlässigsten und die Gründe, welche man hieraus für eine gleichförmige Schallbewegung entnehmen kann, sind folgende:

- 1) Man hat zu mehreren dieser Versuche so grosse Strecken gewählt, dass sie wohl schon ein gesichertes Resultat zur Entscheidung der Streitfrage geben können.
- 2) Man hat durch die hohe Uebereinstimmung der gefundenen Geschwindigkeiten, welche selbst bei den grössten Distanzen im Vergleich mit den kürzesten gemessen wurden, sich von dem Isochronismus der Schallbewegung bestimmt überzeugt.
- 3) Es hat weder die Stärke noch die Höhe des vernommenen Schalls einen Einfluss auf die Geschwindigkeit seiner Bewegung. Verschiedene Töne einer Musik behalten ihre vollkommene Harmonie auch bis zu der äussersten Grenze ihrer Hörbarkeit. Kein Ton eilt dem andern voraus oder bleibt hinter andern zurück. Die leisesten, kaum wahrzunehmenden Töne fand z. B. Biot durch jene cylindrische Höhe von derselben Schnelligkeit der Fortpflanzung wie die stärksten, und die Geschwindigkeit des Schalls ist daher selbst von der Intensität der Kraft, die ihn hervorbringt, ganz unabhängig. Bei näherer Prüfung wird es nicht schwer sein, die Unzulänglichkeit dieser Gründe darzuthun; dann aber werden wir zur Erörterung derjenigen Thatsachen übergehen, welche uns zur Anerkennung einer abnehmenden Geschwindigkeit des Schalls nöthigen müssen.

Zunächst ist hier noch die Bemerkung vorzuschicken, dass die Abnahme der fortschreitenden Geschwindigkeit des Schalls von der Abnahme seiner Hörbarkeit sehr wesentlich verschieden ist. Die Stärke seiner Hörbarkeit hängt besonders von der transversalen Höhe der Schallwellen ab, und diese kann im unbegrenzten Raume wegen beständiger Zersplitterung der Schallstrahlen sehr rasch abnehmen, ohne dass auch die fortschreitende Geschwindigkeit des Schalles in ähnlichem Grade sich vermindern müsste. Sollte es sich nun erweisen lassen, dass der Schall eine stetig abnehmende Geschwindigkeit hat, so haben wir drei

Grenzen des Schalls anzunehmen, eine relative, eine physische und eine absolute. Sinkt die Höhe der Schallwellen so tief herab, dass unsere Organe des Gehörs sie nicht mehr wahrnehmen können, so hat der Schall für uns die Grenze seiner Hörbarkeit erreicht. Allein diese Grenze ist nur für uns, nicht für den Schall da; sie ist relativ und wird für ein schweres Gehör weit früher eintreten, als für ein feines. Man hat Beispiele, dass manche Menschen und Thiere einen Schall noch in Entfernungen vernehmen können, welche den meisten Menschen als unglaublich erscheinen. Dies muss uns überzeugen, dass der Schall mit der Grenze seiner Hörbarkeit seine physische Grenze noch lange nicht erreicht haben könne; denn diese letztere Grenze tritt erst dann ein, wenn die Schallwellen zuletzt so schwach werden, dass sie in dem fortpflanzenden Medium gänzlich ermatten. Jeder Schall muss in der atmosphärischen Luft, so wie in jedem andern Mittel von hinreichender Ausdehnung eine nothwendige äusserste Grenze finden, und wenn diese auch viel weiter hinausliegt, als selbst das feinste Gehör den Schall noch vernehmen kann. Seine absolute Grenze erreicht jedoch der Schall in der freien Luft niemals und kann sie nicht erreichen, denn so möchten wir erst diejenige Grenze nennen, über welche der Schall selbst unter den günstigsten oder wenigstens noch denkbaren Verhältnissen niemals hinauskann, weil ein nothwendiges Naturgesetz für jede einfache Bewegung einen äussersten Zielpunkt bestimmte. Es gibt einige auffallende Beispiele, wie weit eine Fortpflanzung des Schalls durch die Luft sogar noch für das Gehör möglich gewesen ist; denn so will man die stärksten Explosionen des Vulkans auf St. Vincent bis Demerary 75 Meilen weit durch die Luft gehört haben*). Ist dieses gegründet, so haben wir bei jedem in der Luft erregten, noch so leisen Schalle, und wenn er auch schon bald nach seinem Entstehen relativ, oder selbst physisch wieder hinsterven sollte, eine Ge-

*) Weniger gesichert ist die Behauptung, dass man am 4. Decbr. 1832 die Kanonade von Antwerpen im sächsischen Erzgebirge bis 80 geogr. Meilen weit gehört habe.

schwindigkeit vor uns, welche unter günstigen Umständen noch weit über 75 Meilen hätte hinausgehen können, weil jeder Schall bei gleicher Beschaffenheit der Luft eine gleiche Geschwindigkeit hat. Könnte man die von einem Schall erregten Schwingungen der Luft etwa durch eine Schallröhre verhindern, an Stärke der Hörbarkeit oder an transversaler Höhe beständig abzunehmen: so müsste nach der jetzt recipirten Ansicht sogar eine Fortpflanzung des Schalls ins Unendliche als möglich gedacht werden. Das aber wird selbst theoretisch hier in Frage gestellt; denn giebt es keine einfache isochrone Bewegung in der Natur, so hat auch der Schall keine solche, und seine absolute Grenze würde sich sogar ganz einfach berechnen lassen, wenn wir nur erst das bestimmte Maass der Abnahme seiner primitiven Schnelligkeit gefunden haben. Bei der ganzen nachfolgenden Untersuchung muss es nun festgehalten werden, dass die Hörbarkeit des Schalles nach ganz andern Gesetzen abnimmt, als seine fortschreitende Geschwindigkeit. Hier ist jedoch nur die Rede von der letzteren.

1. Man könnte also sagen, man habe zu mehreren Messungen der Geschwindigkeit des Schalls in der Luft so grosse Strecken gewählt, dass sie wohl schon ein sicheres Argument für den Isochronismus des Schalls gewähren können. Auf der Strecke von Montmartre bis Montlhery brachte der Schall über 84 Sekunden zu, von Montlhery bis Villejuif 54 bis 55 Sekunden, bei den Versuchen der holländischen Physiker etwa 52 Sekunden, und dennoch erscheint die Geschwindigkeit des Schalls immer noch unvermindert im Vergleich mit solchen Strecken, auf denen er nur 5, 6, 12 und 26 Sekunden verweilte. Folglich, meint man, liege eben hierin ein experimenteller Beweis, dass der Schall sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortpflanzen müsse. Ja von vielen Physikern wird dieser experimentelle Beweis schon in den blossen Versuchen von Goldingham in Madras allein gefunden.

Wir werden weiter unten diesen experimentellen Beweis auf das vollständigste entkräften; allein wir müssen zuerst darauf aufmerksam machen, dass ein solcher Schluss, auch wenn

er in diesem Falle nicht durch die unmittelbaren Erfahrungen selbst widerlegt werden könnte, jedenfalls ein wenig zu voreilig ist, und da es hier auf die Feststellung eines für unsere Kenntniss der Natur ungemein wichtigen und einflussreichen Gesetzes ankommt, so sehen wir uns genöthigt, hier an die nahe liegende Gefahr zu voreiliger Schlüsse zu erinnern.

Man hatte wohl gleich Anfangs eine weit raschere Abnahme der Geschwindigkeit erwartet, als der Schall in der That haben kann, und weil sich diese aus allen jenen Versuchen nicht ergeben konnte, so schloss man daraus mit einiger Uebereilung auf einen vollkommenen Isochronismus der Bewegung. Schon die Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten nehmen in ihrem Fortschreiten so langsam ab, dass man auch ihre Geschwindigkeit lange Zeit für gleichförmig halten konnte; wie darf man also bei dem Schalle, dessen primitive Geschwindigkeit mehrere hundertmale grösser ist, schon auf so kurzen Strecken eine sehr bedeutend merkbare Abnahme der Geschwindigkeit erwarten? Alle Gründe der Vernunft sprechen dafür, dass bei einer grossen primitiven Geschwindigkeit die Grade der Abnahme verhältnissmässig noch geringer sein müssen, als bei einer kleinen; aber eben so sprechen sie auch dafür, hier keinen vollkommenen Isochronismus der Bewegung anzunehmen, nachdem bei einer langsamen Bewegung, die so vielfache Analogien darbietet, eine stetige Verzögerung als Erfahrungssatz feststeht! Die gewählten Schallstrecken sind daher zur definitiven Entscheidung der Streitfrage noch nicht apriorisch als ausreichend anzunehmen.

Denn wie? wenn man innerhalb eben so enger Grenzen über die Bewegungsgesetze oder über die Wirkungen mancher andern Naturkräfte auf dem Wege der Erfahrung hätte entscheiden wollen, z. B. über die Abnahme, oder Nichtabnahme der Schwerkraft der Erde für grössere Entfernungen? Man nehme die Höhe, welche freifallende Körper in einer Sekunde durchlaufen, ebenfalls 56,84, ja selbst 100 mal, und versuche auf experimentellem Wege in diesen Höhen über der Meeresfläche, ob die Wirkungen der Schwerkraft unserer Erde bereits merk-

bar abnehmen oder nicht? Die Unterschiede der Schwere sind noch immer so fein, dass man sie durch unmittelbare Versuche auf keine Weise entdecken könnte. Wollte man nun daraus den Schluss ziehen, dass die Schwerkraft der Erde mit zunehmender Entfernung von ihrer Oberfläche gar nicht abnehme, würde man sich da nicht gar sehr geirrt haben? würde man aus den sorgfältigsten Beobachtungen nicht ein Resultat ableiten müssen, welches mit einem der wichtigsten Naturgesetze geradezu in Widerspruch stände? Doch hier könnte man den unmittelbaren Beobachtungen noch durch Pendelversuche abhelfen oder auch durch Rechnungen, nachdem das Abnahmeverhältniss aller Schwerkräfte aus astronomischen Gründen uns bekannt ist; aber wie will man bei der rasch fortschreitenden Geschwindigkeit des Schalles die sehr feinen Unterschiede auf so kurzen Schallstrecken schon mit genügender Sicherheit feststellen? Man ist schon in sehr verschiedenen Gebieten der Naturforschung durch die aus unmittelbaren Beobachtungen gezogenen Schlüsse in Irrthümer gefallen, welche lange Zeit die Geltung unbestrittener Naturwahrheiten erlangten, weil man sich für die praktischen Untersuchungen die Grenzen noch zu eng gesteckt hatte. So hielt man z. B. früher die Ausdehnung aller Metalle durch die Wärme für völlig proportional mit der Anzahl der Wärmegrade, durch welche die Ausdehnungen bewirkt werden, so dass 40° C. über dem Gefrierpunkt das Volumen eines Metalls um doppelt soviel ausdehnen, als 20°, und um halb soviel als 80°. Man glaubte dieses Verhältniss durch die sorgfältigsten Untersuchungen von 0—100° C. bei allen Metallen ohne Ausnahme gefunden zu haben und stellte daher die vollkommene Proportionalität der Wärmegrade und der durch sie bewirkten Ausdehnungen als allgemeines Naturgesetz auf. Später aber bewiesen Dulong und Petit, dass die Ausdehnungen des Eisens, Kupfers und Platins in einem stärkeren Verhältnisse wüchsen, je mehr die Temperatur über 100° C. steigt, und man ist daher genöthigt worden anzuerkennen, dass auch schon bei geringeren Temperaturen die Ausdehnungen durch Wärme ein etwas stär-

keres Verhältniss haben müssen, als die ganz einfache Proportionalität mit den Wärmegraden.

Aehnliche Beispiele von fast unvermeidlichen Irrthümern, die längere Zeit das Ansehen erwiesener Naturwahrheiten erhielten, liessen sich mehrere anführen. Diese Irrthümer sind nicht immer eine Schuld mangelhafter Beobachtungen, die vielmehr oft mit der ausgezeichnetsten Schärfe und Genauigkeit ausgeführt wurden, wie dies auch besonders von den neuesten Messungen der Schallgeschwindigkeiten anerkannt werden muss; sondern sie sind nur die Schuld zu voreiliger Folgerungen, die man aus jenen Beobachtungen ableitete; oder auch die Schuld einer bereits allgemein herrschenden Ansicht, auf deren nochmalige Prüfung man bei seinen Forschungen sich gar nicht mehr einliess. So hielt man es bei jenen Messungen der Geschwindigkeiten des Schalls durchaus nicht mehr für nöthig, die Gleichförmigkeit oder Ungleichförmigkeit der Schallbewegung nochmals in Frage zu stellen, sondern man bemühte sich nur, seine mittlere Geschwindigkeit aufzufinden.

2. Doch selbst bedeutende Physiker haben geradezu erklärt, dass jene Messungen wirklich den experimentellen Beweis einer isochronen Bewegung des Schalles darbieten, und wir werden daher zur Widerlegung dieser Ansicht näher auf die gewonnenen Resultate eingehen.

Dass bei der grossen Genauigkeit der Beobachtungen, deren sich die ausgezeichnetsten Physiker bei den Messungen der Schallgeschwindigkeiten befleissigt haben, dennoch die Geschwindigkeit des Schalls für eine gleiche Beschaffenheit der Luft noch immer nicht mit hinreichender Gewissheit feststeht, spricht eben nicht sehr zu Gunsten eines wirklichen Isochronismus der Schallbewegung. Denn bei einer isochronen Bewegung müsste jeder noch mögliche Beobachtungsfehler sich um so vielmal verkleinern, als die Zahl der Sekunden beträgt, die der Schall auf der ganzen gemessenen Strecke zubringt. Gebrauchte der Schall z. B. auf einer gemessenen Strecke 84, und auf einer anderen 55 Sekunden, und man hätte sich ungeachtet der so oft wieder-

holten Versuche auf derselben Schallstrecke und ungeachtet der gegenseitigen Unterstützung der ausgezeichnetsten Physiker, die mit vorzüglichen Beobachtungsmitteln ausgerüstet waren, selbst in dem allgemeinen Mittel aus allen Beobachtungen noch um 0,1 Sekunde geirrt: so würde sich bei einer isochronen Bewegung des Schalles dieser Fehler bis auf $\frac{1}{840}$ und $\frac{1}{550}$ einer Sekunde reduciren, und es dürften die gefundenen Geschwindigkeiten für eine gleiche Beschaffenheit der Luft auch nicht um 0,5 Meter mehr von einander abweichen. Doch die Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt uns, dass bei so oft wiederholten und so vielfach kontrollirten Versuchen auf derselben Schallstrecke, besonders wenn an beiden Enden derselben beobachtet wurde, der noch etwa mögliche Beobachtungsfehler für das allgemeine Mittel noch geringer ausfallen müsse. So genau kennen wir aber die wirkliche Geschwindigkeit des Schalls in der atmosphärischen Luft noch durchaus nicht, und die genauer verglichenen Resultate der sorgfältigsten Messungen geben uns nach diesen Erwägungen vielmehr einen experimentellen Beweis für eine abnehmende Geschwindigkeit des Schalles; denn es ist sehr auffallend, dass gerade die längsten Strecken die geringsten, die kürzesten dagegen die grössten mittleren Geschwindigkeiten des Schalles ergeben haben! Man ersieht dies leicht aus folgender Tabelle, in welcher die Ergebnisse der vorzüglichsten Messungen nach Moll angegeben sind und nach gemeinsamer Reduktion auf 0° C. der Lufttemperatur.*)

Name der Beobachter.	Jahreszahl.	Gegend der Beobachtung.	Länge der Schallstrecken in Metern	Schallgeschwindigkeit in 1 Sek in Metern
Olynthus Gregory	1824	England	2000 — 2700	335,14
Parry und Foster	1825	Fort Brown	3930	333,71
Benzenberg	1809	Deutschland	9072	333,70
Stampfer u. Myrbach	1822	Oestreich	9944	333,25
Moll und Van Beek	1823	Niederlande	17669,28	332,05
Arago, Matthieu etc.	1822	Frankreich	18612	331,05

*) Munke in Gehlers physik. Wörterb., neue Bearbeitung, Art. Schall II. A. §. 67. S. 403 in Betreff der Resultate, die Moll aus seinen Rechnungen findet. Die Längen der Schallstrecken sind dagegen aus Poggendorfs Annalen V. a. a. O. entnommen.

Diese Zusammenstellung der vorzüglichsten Messungen ist hier so geordnet, dass in der vierten Columne die Längen der gemessenen Schallstrecken immer grösser werden, indem man so die leichteste Uebersicht gewinnt, dass, je grösser die Schallstrecke war, desto geringer die mittlere Geschwindigkeit des Schalls gefunden wurde. Es ist dies nur durch das Gesetz einer stetigen langsamen Abnahme der primitiven Geschwindigkeit erklärlich. *)

Aehnlich deuten auch die älteren Messungen im Allgemeinen auf das Gesetz einer stetig abnehmenden Geschwindigkeit; denn auch hier wurden fast durchgängig bei den kürzesten Schallstrecken die grössten und bei den längeren die geringsten Werthe für die mittlere Geschwindigkeit des Schalls gefunden. Dies zeigt sich in folgender Uebersicht: **)

Namen der Beobachter.	Jahreszahl.	Gegend der Beobachtung.	Länge der Schallstrecken in Metern	mittlere Geschwindigkeit in 1 Sekunde in Metern.
Cessini, Huyghens		Frankreich	2105	351
Flamstead, Halley		England	5000	348
Derham	1704 u. 1705	England	1600—2000	348
Tobias Mayer	1778	Deutschlnd.	1040	336,86
Müller	1791	Deutschlnd.	2600	338
Franz. Akademiker	1738	Frankreich	22913 u. 28526	337,18
Bianconi	1740	Italien	24000	318

Zwar sind diese Messungen weniger zuverlässig als die neuesten, und besonders fehlt hier diese einflussreiche Reduktion auf eine gleiche Temperatur und Beschaffenheit der Luft; aber auch hier wird im Allgemeinen mit bedeutender Zunahme der Länge der Standlinien die mittlere Geschwindigkeit des Schalles auffallend kleiner.

*) Von den Messungen von Foster und Parry ist hier nur das Mittel von der fünften und sechsten Reihe der von ihnen angestellten Versuche gezogen worden, die am 17. und 21. Febr. 1825 geschahen; aber auch nur diese Versuchsreihen sind zur Vergleichung brauchbar, weil nur bei diesen beiden allein die Luft windstill war, und in den übrigen acht Versuchsreihen Störungen des Windes unvermeidlich waren. Vergl. Munke in Geblers physikal. Wörterb., Art. Schall S. 401 u. 402.

**) Poggendorfs Annalen V. S. 476.

Unter den neuesten, mit besonderer Sorgfalt ausgeführten Messungen der Schallgeschwindigkeit geben auch die von Kendel in der Nähe des Sklavensees sehr merkwürdige Resultate. Nach der Reduktion auf 0° der Lufttemperatur findet man nämlich aus seinen sämtlichen, ungemein zahlreichen Versuchen die hohe mittlere Geschwindigkeit von 341,36 Metern für die Sekunde. Man hat dieses Ergebniss auffallend gefunden, und Munke vermuthet ungeachtet des vortrefflichen Chronometers, mit welchem Kendel ausgerüstet war, und der genauen Zusammenstimmung der von ihm gefundenen Einzelwerthe, dass alle seine Zeitbestimmungen mit einem konstanten Fehler behaftet sein müssten. Allein die drei Standlinien Kendels waren sehr kurz; die am häufigsten benutzte mass 1609, die kürzeste 804,5 und die längste nur 1854 Meter, und wir finden daher in den hohen mittleren Geschwindigkeiten, welche die sehr schätzbaren und zahlreichen Versuche Kendels ergeben, einen neuen Beweis für eine abnehmende Geschwindigkeit des Schalls. *)

Eine in gewisser Hinsicht noch wichtigere Stütze für die hier vertheidigte Ansicht gewährt die hohe, von Biot gefundene Geschwindigkeit des Schalls im begrenzten Raume. Biot fand an einer Röhre von Gusseisen, die 951,25 Meter lang war, dass der Schall im Inneren derselben 340,95 Meter in der Sekunde zurücklegte. Eine hohe Geschwindigkeit des Schalls lässt sich aber hier aus zwei Gründen schon im Voraus erwarten: erstens weil jene Röhre im Vergleich zu den meisten andern Schallstrecken nur sehr kurz war, und zweitens weil die Schallwellen

*) S. Munke in Gehlers physikal. Wörterb. Art. Schall S. 398 u. 399. Aus allen dort angegebenen Beobachtungsreihen Kendels, welche wie die von Foster und Parry bei sehr tiefen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt angegeben wurden, habe ich um der Kürze willen hier das allgemeine Mittel angegeben, nach der Reduktion auf 0° C. Sämtliche Messungen geben aber ohne Ausnahme ein sehr schönes Verhältniss. Kendel hatte nicht nur ein gutes Thermometer, sondern auch einen vortrefflichen Chronometer, der 0,1 Sekunden angab, eine noch genauere Schätzung zuliess und augenblicklich gehemmt werden konnte.

hier im Inneren der Röhre zusammengehalten wurden und daher im Fortschreiten noch weniger von ihrer primitiven Schnelligkeit einbüßen konnten, als im freien Raume. Ein ähnliches Verhältniss zeigen ja auch, wie bekannt ist und schon oben erwähnt wurde, die Wellen auf der Oberfläche des Wassers in einem schmalen Kanale zwischen parallelen Seitenwänden. Zwar kann auch vielleicht die von Biot gefundene Geschwindigkeit, wenn etwa die Lufttemperatur innerhalb jener Röhre hoch war, nach der Reduktion auf 0° C. ihre auffallende Höhe ganz oder fast ganz verlieren;*) doch es ist zu bemerken, dass bei Biots Messungen durch jene Röhre ein doppelter Zuruf geschehen musste, und es wurde die Zeit gemessen zwischen Frage und Antwort. Mochte der Zuruf noch so kurz sein und vielleicht nur in einem möglichst kurz ausgestossenen Ha! oder Eh! bestehen: so ist es doch völlig unmöglich, bei Erwiderung dieses Zurufs einen kleinen Zwischenraum in der Zeit zu vermeiden, während dessen ein stetig fortbewegter Schall schon wieder eine gewisse Strecke mehr durchlaufen haben würde. Das menschliche Gehör kann der Erfahrung gemäss nur höchstens 9 Laute in einer Sekunde unterscheiden; folgen die Töne noch schneller, so fliessen sie für uns in Einen Ton zusammen. Zwischen dem Zuruf und seiner Erwiderung bei Biots Versuchen lag aber unvermeidlich ein immer noch merkbarer Zwischenraum, und folglich musste die Unterbrechung mehr als $\frac{1}{9}$ Sekunde betragen. Rechnen wir nun eben so, wie Olinthus Gregory es bei seinen Schallversuchen mit zwei Glocken machte, die er mit dem Klöppel möglichst rasch anschlagen und einander ebenfalls correspondiren liess, eine Unterbrechung in der Zeit von 0,2 Sekunden, so erhalten wir in der Biotschen Röhre schon eine Geschwindigkeit des Schalles von 353,6 Meter für die Sekunde. Wollten wir aber auch nur 0,1 Sekunde auf jene Unterbrechung

*) Biot hat in seiner Erfahrungs-Naturlehre, drittes Buch, erstes Kapitel, wo er von seinen hier genannten Versuchen redet, die Höhe der Temperatur leider nicht angegeben, welche die Luft in der Röhre hatte.

rechnen, so ergibt sich auf dieser so kurzen Schallstrecke die sehr auffallende Geschwindigkeit von 347,1 Meter, und wir können nicht umhin, hier wieder eine neue bedeutsame Aehnlichkeit zwischen den Schallwellen und den Wellen auf der Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten aufzufinden.

Die Unparteilichkeit erfordert jedoch, auch solche Messungen zu nennen, welche gegen die Theorie einer stetig verzögerten Schallgeschwindigkeit zu sprechen scheinen. Hieher gehören zunächst die Messungen von Condemine und die von Espinosa und Beuza. Der Erstgenannte fand in Cayenne auf einer grossen Basis von 29429 Metern die hohe Geschwindigkeit von 358, und in Quito auf einer Basis von 20543 Metern 339 Meter für die Sekunde. Beide Messungen gehören jedoch zu den älteren unzuverlässigen, geschahen wahrscheinlich bei hohen Temperaturen und sind nicht frei vom Einflusse des Windes. Sie eignen sich daher den neuesten zuverlässigeren Messungen gegenüber nicht zu Gegenbeweisen. Noch unsicherer sind die Messungen von Espinosa und Beuza, die 1794 zu San Jago de Chili auf einer Basis von 16349 Metern sogar eine mittlere Geschwindigkeit des Schalls von 371 Metern gefunden haben wollen; deren Beobachtungen aber nicht einmal unter sich selbst harmoniren, sondern bei den einzelnen Wiederholungen der Versuche unglaubliche Differenzen zeigen sollen. *)

Wichtiger scheinen die Einwände, die aus den Versuchen Goldinghams gegen die Theorie einer stetig abnehmenden Geschwindigkeit des Schalls hergeleitet werden könnten. Goldingham beobachtete von dem Observatorium zu Madras vom Juli 1820 bis November 1821 gegen 800 Kanonenschüsse auf zwei ganz verschiedenen Basen, wozu ihm dadurch eine sehr günstige Gelegenheit gegeben war, dass von dem Fort S. George und von einer Artilleriekaserne auf dem S. Thomasberge bei Madras täglich nach alter Sitte Morgens und Abends ein 24 Pfünder abgefeuert wurde. Das Fort S. George lag von dem Observatorium zu Madras

*) S. Munk e in Gehlers physikal. Wörterb., neue Bearbeitung, Art. Schall II. A. §. 66. S. 391 u. 392.

4246,5 Meter (13932,2 engl. F.) südwestlich, und die Kaserne auf dem Thomasberge 9000,5 Meter (29547 engl. F.) nordöstlich. Nun aber fand Goldingham aus seinen Beobachtungen, die an Zahl von Niemandem übertroffen wurden, und die wegen seiner vortrefflichen Hilfsmittel überdies für sehr genau und zuverlässig gehalten werden, dass der Schall auf der grösseren Strecke eine mittlere Geschwindigkeit von 344,9 Metern zeigte, wenn man aus allen seinen Beobachtungen das Mittel zog. Hätte also der Schall eine abnehmende Geschwindigkeit, so würde er auf der mehr als doppelt so grossen Strecke eine geringere und auf der kleinen eine grössere mittlere Geschwindigkeit haben zeigen müssen.

Doch selbst aus diesem anscheinend sehr auffallenden Ergebnisse lässt sich kein experimenteller Beweis gegen die wirkliche Abnahme der Schallgeschwindigkeit und noch weniger ein Beweis für einen Isochronismus des Schalls herleiten. Die kürzere Schallstrecke lag gegen Südwest und die längere gegen Nordost, und dies hat in der Nähe einer Meeresküste, an welcher die Monsoons sechs Monate lang aus Südwest und dann wieder sechs Monate lang aus Nordost wehen, auf die Resultate einen sehr störenden Einfluss. Die Versuche Goldinghams lassen sich nur zu einer sehr angenäherten Kenntniss der mittleren Geschwindigkeit des Schalls für eine Distanz benutzen, die der halben Summe der beiden angegebenen Distanzen gleich ist; sie sind aber zu nichts weniger geeignet als zu Beweisen für einen Isochronismus der Schallbewegung, wie viele Physiker behauptet haben. Zur Zeit der südlichen Abweichung der Sonne vom Aequator werden nach der eigenthümlichen Lage des Forts S. George und des S. Thomasberges gegen das Observatorium zu Madras die Schallgeschwindigkeiten im Mittel auf der kurzen von Goldingham benutzten Basis immer etwas zu gering und auf der langen immer etwas zu gross ausfallen müssen, und gerade in dieser Zeit haben nach der von Poggendorf im fünften Bande seiner Annalen gegebenen speciellen Uebersicht die meisten Beobachtungen Goldinghams Statt gefunden.

Alle bisher unternommenen Messungen der Geschwindigkeit des Schalles in der atmosphärischen Luft können also für die Gleichförmigkeit seiner Bewegung den Beweis nicht liefern. Im Gegentheil sprechen die meisten und unter diesen gerade die gesichertsten Messungen nach genauer gegenseitiger Vergleichung für eine langsam abnehmende Geschwindigkeit des Schalls.

3. Man führt ferner für den Isochronismus des Schalles an, dass weder die Höhe noch die Stärke eines Tones auf die Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung einen Einfluss habe. Alle hohen und niederen Töne einer Musik pflanzen sich mit gleicher Schnelligkeit in die Ferne fort und behalten ihre vollkommene Harmonie auch bis zur äussersten Grenze ihrer Hörbarkeit. Der starke Knall grösserer Kanonen eilt durch die Luft nicht schneller vorwärts als der weit schwächere Knall der kleinen. Selbst die leisesten, kaum hörbar gelispelten Worte fand Biot durch die von ihm benutzte Schallröhre von derselben Schnelligkeit der Fortpflanzung wie die stärksten Töne; und diese Gleichmässigkeit des Fortschreitens aller Töne scheint sich nur aus einer gleichförmigen Bewegung des Schalles überhaupt erklären zu lassen. *)

Dieser Umstand kann jedoch zu einem Beweise für den bisher irrthümlich angenommenen Isochronismus des Schalles gar

*) Auf den Umstand, dass alle hohen und tiefen Töne einer Musik mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden, wird von vielen Physikern als auf etwas Besonderes und Auffallendes hingewiesen. So z. B. von Biot bei Gelegenheit seiner Untersuchungen an der oben erwähnten Schallröhre, indem er hinzufügt, dass schon 1738 von den Mitgliedern der Akademie dieselbe Bemerkung gemacht wurde. Auch August in s. Ausz. aus Fischers mechan. Naturlehre Abschn. II. Kap. XVI. §. 11 sagt: „Man hört das zusammengesetzteste Tonstück in der Ferne schwächer, aber sonst alle Töne vollkommen in derselben Ordnung als in der Nähe. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schall ausbreitet, ist also ganz unabhängig von der Geschwindigkeit der Vibrationsbewegungen.“ Aehnlich Götz in s. Lehrb. der Physik, erster Band, zehntes Kap., erste Abth. §. 517 und Andere.

nicht benutzt werden, weil er mit dem Problem einer gleichförmigen oder ungleichförmigen Bewegung desselben auch nicht im Mindesten zusammenhängt. Jeder Ton erregt zwar in der Luft, wie in jedem anderen Medium, welches ihn weiter führt, eine gewisse Anzahl Schallwellen, deren Länge*) seiner Höhe angemessen ist. Die Schallwellen der tiefen Töne sind länger, die der hohen kürzer; aber es haben nun nicht etwa die kurzen Schallwellen der hohen Töne, wenn sie in die Ferne getragen werden, sich fort und fort schneller an einander zu reihen, um mit den langen Schallwellen der tiefen Töne in ihrer fortlaufenden Geschwindigkeit gleichen Schritt zu halten. Wäre dies nöthig, so müssten wir uns ja denken, dass in jedem Schallstrahl sich die einzelnen Schwingungen mit räumlich unveränderlichen Schwingungsknoten an einander setzten, was aber nicht sein kann, weil hieraus folgen würde, dass die zwischen den Schallwellen in ihrer Ruhe gebliebenen Theilchen des tönenden Mittels gar keinen Ton gäben, und je näher das Ohr des Hörenden sich zufällig an der Grenze zwischen zwei Schallwellen befände, desto schwächer würde es den Ton vernehmen; ja es würde zuweilen selbst der Fall eintreten, dass wir in grosser Nähe des tönenden Körpers auch den stärksten Ton nicht vernehmen könnten. Da nun dies nicht geschieht, so liegen die Schwingungsknoten des Schallstrahls nicht fest, sondern man hat das Verhältniss ähnlich aufzufassen, wie bei den Wellen, die man mit einem Stöckchen auf ruhiger Wasserfläche erregen kann, indem man dieselbe mit gleicher Kraft bald rascher bald langsamer schlägt. Dann entstehen bald längere bald kürzere Wellen; aber die Wellen, welche einen kleineren Raum einnehmen, bleiben hinter denen nicht zurück, die einen grösseren ausfüllen, sondern in jeder Distanz von dem Ausgangspunkt der Wellenerregung wird die Geschwindigkeit aller Wellen gleich gross sein.

*) Länge der Schallwellen nennt man ihre Ausdehnung in gerader Direktion von dem Ausgangspunkte der Wellenerregung oder die Entfernung von einem Wellenthal zum andern.

Wenn also z. B. der Ton *a* auf der leeren *a*-Saite einer Violine nach der Stimmung des Berliner Theaters nach Fischer 437 Schwingungen in der Sekunde macht, so macht er in dem vierten Theile einer Sekunde nur 109 Schwingungen, die eben so viele in der Luft fortschreitende Schallwellen erzeugen, von welchen unser Ohr getroffen wird, und jede dieser Schallwellen nimmt $\frac{1}{437}$ derjenigen Weite ein, welche der Schall in einer ganzen Sekunde durchläuft. Auf diesen Ton kann ein anderer folgen, der längere oder kürzere Schallwellen erregt, die wieder so lange unter einander von gleicher Länge bleiben, als der Ton sich nicht ändert; aber die Schallwellen aller hohen und niederen Töne werden genau mit derselben Geschwindigkeit weiter eilen müssen: denn man sieht durchaus nicht ein, was die grössere oder geringere Länge der Schallwellen auf die Schnelligkeit ihrer Fortpflanzung für einen Einfluss haben sollte, indem diese Schnelligkeit nur durch den gleich raschen Lauf aller Schwingungsknoten oder Wellenthäler bedingt wird.

Hierdurch fällt alles Auffallende von selbst fort, was man oft darin hat finden wollen, dass alle hohen und niederen Töne einer Musik sich mit vollkommen gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Selbst wenn auch der Schall durch verschiedene Mittel hindurchgeht, und hierdurch seine ursprüngliche Geschwindigkeit sich ändern sollte, oder auch wenn er in jedem sich gleichbleibenden Mittel eine stark abnehmende Geschwindigkeit hat: so können auch diese Umstände auf die Harmonie einer Musik nicht störend einwirken: weil sie für alle Töne gleichmässig eintreten sein müssen, sobald sie unser Ohr erreicht haben.

Die Folgen einer stetig abnehmenden Geschwindigkeit des Schalls können daher nur darin bestehen, dass die Schallwellen, um eine gleiche Strecke zu durchlaufen, als die, welche sie in der ersten Sekunde zurücklegten, später ein immer etwas grösseres Maass von Zeit erfordern, ohne dass dadurch das charakteristische Verhältniss ihrer musikalischen Werthe zu einander gestört wird. Kein Ton hat nöthig in einen Ton von anderer Benennung überzugehen,

sondern nur der eigenthümliche Klang jedes Tones, der sich nicht näher beschreiben, wohl aber empfinden lässt, muss für ein feines und geübtes Gehör durch grössere Entfernungen etwas modificirt werden. Man hat nämlich auch darin oft etwas Auffallendes gefunden, dass die Töne selbst bis zu den grössten Entfernungen, bis zu welchen sie noch wahrnehmbar sind, weder ihre Ordnung, noch auch ihren musikalischen Werth verändern und daraus den Schluss ziehen wollen, dass die Schallwellen ihre einmal angenommenen Längen im Fortgange ebenso wenig verändern als ihre Geschwindigkeiten, und dass sie also hierin von dem Verhalten der sichtbaren Wellen tropfbarer Flüssigkeiten abweichen. Allein die Erfahrung lehrt uns, dass das Ohr sehr wohl unterscheiden könne, ob dieselben Töne eines Instrumentes stärker angegeben aus weiter Entfernung zu uns herüberschallen, oder ob sie schwach angegeben in unserer unmittelbaren Nähe tönen; ja dass ein geübtes Gehör sich die Fertigkeit erwerben kann, die ungefähre Entfernung jedes bekannten tönenden Körpers aus dem blossen Klange seines Tones abzuschätzen. Welch einen Grund für diese Thatsache können die Isochronisten auffinden? Wir finden sie nur aus einem analogen Verhalten der Schallwellen mit den sichtbaren Wellen aller tropfbaren Flüssigkeiten erklärbar. Auch die Schallwellen werden, wie diese, in ihrem Fortgange allmählig verzögert und zugleich stetig verbreitet von einem Wellenthal zum andern, weshalb alle Töne, ohne jedoch ihren musikalischen Werth zu ändern, nach und nach eine etwas tiefere und gedämpftere Stimmung annehmen müssen.

Dass die Töne von demselben musikalischen Werthe, auch wenn sie von demselben musikalischen Instrumente angegeben werden, nicht immer Schallwellen von gleicher Grösse bilden müssen, lehrt die Erfahrung. Denn so ist es etwas sehr Bekanntes, dass ein richtig gestimmtes musikalisches Instrument fast für jede Kapelle eine andere Stimmung erhalten muss, wenn es zur Mitwirkung in derselben benutzt werden soll. Derselbe Grundton auf der leeren a -Saite einer Violine, der nach Fischers Versuchen bei der Stimmung des Berliner Theaters 437 Schwin-

gungen in der Sekunde machte, erregte nach der Stimmung der grossen Oper zu Paris 431, nach der des Theaters Feydeau nur 408, und nach der des italienischen Theaters zu Paris 424 Schwingungen in der Sekunde. *) Alle diese verschiedenen Stimmungen und noch weit mehrere kann man demselben Instrumente geben. Immer ist es der nämliche Grundton, aber dieser Grundton bildet, je nachdem die Stimmung des Instruments verändert wird, Schallwellen in der Luft von verschiedener Grösse, deren Längen mit den Schwingungszahlen im umgekehrten Verhältnisse stehen; und was von dem Grundtone gilt, das gilt auch von jedem andern beliebigen Tone, der einen bestimmten musikalischen Werth hat. Alle Töne machen auf ein geübtes Gehör einen etwas andern sinnlichen Eindruck, sobald sich die Stimmung des Instruments nur etwas ändert, und wenn auch der musikalische Werth der Töne sich vollkommen gleichbleibt.

Ein ziemlich ähnliches Verhältniss, wie das so eben genannte, liegt auch dem etwas veränderten Klange eines und desselben Tones für verschiedene Entfernungen zum Grunde, indem die Schallwellen nach Analogie der Wellen tropfbarer Flüssigkeiten im weiteren Fortgange sich etwas verlängern müssen. Hierzu kommt noch ein zweiter Umstand: die stetige Verzögerung der Schallgeschwindigkeit. Auch diese muss den ursprünglichen Charakter der Töne stetig etwas umändern und ihre Stimmung allmählig etwas herabstimmen. Denn es ist auch das ein Erfahrungssatz: dass eine grosse Geschwindigkeit der Fortpflanzung denselben Ton eines Instrumentes erhöht und eine geringere Geschwindigkeit ihn tiefer herabstimmt. Jedes Instrument nimmt in warmer Luft, welche die Schnelligkeit des Schalls beschleunigt, eine etwas höhere

*) Baumgärtners Naturl. nach ihrem gegenw. Zust. m. Rücks. auf mathem. Begründung, erster Th., dritter Abschn., fünftes Kap. §. 223 in der Anmerk., wo zugleich auf die Abhandl. d. Berl. Akad. d. W., Berlin 1825, hingewiesen wird. Eine noch weit reichhaltigere Zusammenstellung verschiedener Schwingungszahlen desselben Grundtones α , besonders nach verschiedenen Stimmgabeln, theilt Munke mit in Gehlers phys. Wörterb. Art. Schall I. D. §. 50 S. 313 — 315.

und hellere Stimmung an, als in kalter, und eine Pfeife, die man mit verschiedenen Gasarten ansprechen lässt, tönt um so höher, je schneller das Gas den Schall fortpflanzt. Versuche der letzten Art machte besonders van Rees mit Wasserstoffgas und vielen andern Gasarten. Im Wasserstoffgase gab die Pfeife denselben Ton am höchsten an, und dieses pflanzt den Schall nach van Rees in einer Sekunde 2905 Wiener Fuss (918,3 Meter), also fast dreimal so rasch fort als die atmosphärische Luft.

Nach allen diesen Ergebnissen der Erfahrung beurtheile man nun manche akustische Erscheinungen des gewöhnlichen Lebens, die lauter Bestätigungen der wichtigen Naturwahrheit sind, dass der Schall überhaupt keinen Isochronismus der Bewegung hat.

Der Schall hat keinen Isochronismus der Bewegung, das lehrt uns das tiefe und dumpfe Rollen des Donners bei einem noch sehr entfernten Gewitter. Es ist allgemein bekannt, dass selbst, wenn ein Blitz einschlägt, der nachfolgende Donner in grösseren Entfernungen nie so grell und schmetternd klingt, als in der Nähe. Er tönt nicht nur ungleich schwächer, sondern er hat auch eine ganz andere und weit tiefere Stimmung, und je entfernter wir uns von dem Ausgangspunkte eines Donners befinden, desto dumpfer und tiefer wird sein Nachhall. Für diese immer tiefere Stimmung des Donners mit wachsender Entfernung lässt sich keine andere Erklärung auffinden, als das ganz analoge Verhalten der Schallwellen mit den Wellen tropfbarer Flüssigkeiten.*) Aehnlich erklärt sich der etwas tiefere

*) Der gegen alle Zweifel sicher gestellte Erfahrungssatz, dass alle Wellen tropfbarer Flüssigkeiten eine abnehmende Geschwindigkeit haben, ist auch der Theorie einer abnehmenden Geschwindigkeit des Schalls schon von vorn herein ungemein günstig. Die beiden Professoren Weber haben in ihrer klassischen Wellenlehre auf so viele Aehnlichkeiten zwischen den Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten und allen andern undulirenden Bewegungen hingewiesen, und die von ihnen unterstützte Ansicht, dass der genauer ermittelte Verlauf der Wellenbildungen des Wassers und anderer Flüssigkeiten uns auch insbesondere in vieler Rücksicht über die Vibrationen

Ton einer Thurmuh, die man in ländlicher Stille zuweilen in einer Entfernung von mehr als einer Meile schlagen hört. Auch hier erhält der Ton schon eine etwas tiefere Stimmung als in unmittelbarer Nähe. Noch mehr ist dies jedoch der Fall mit dem matten und dumpfen Tone der Kanonenschüsse, die in auffallend grossen Entfernungen noch gehört werden. Man möchte sagen, man kann es ihrem matten und tiefen Klange fast unmittelbar anhören, dass die unser Ohr treffenden Schallwellen nicht mehr die Schnelligkeit haben können, wie diejenigen, welche bei dem frischen und lebensvollen Klange aller näher entstandenen Töne von uns gehört werden.

Sehr interessant wäre es, wenn man den Versuch machen wollte, die Messungen der Geschwindigkeit des Schalls noch sehr weit über die längsten bisher dazu benutzten Distanzen auszu-
dehnen. Bisher pflegte man immer nur die Zeit zu messen,

des Schalls und des Lichtes die beste Aufklärung geben müsse, verdient eine so sorgfältige Beachtung, dass man gewiss nicht lange mehr anstehen kann, endlich auch in Betreff des Schalls und des Lichtes von einer Theorie zurückzukommen, die vor einem tieferen Blicke in das effektive Treiben der physischen Welt mit Nothwendigkeit in nichts zerfallen muss, und die überdies aus reinen Vernunftgründen sich auch selbst widerlegt. Keine Bewegung, die aus einfacher Ursache entsteht, kann in sich selbst das Vermögen haben, sich in endloser Gleichförmigkeit zu erhalten, und wenn wir ihre Abnahme nicht unmittelbar wahrnehmen, so liegt der Grund in einem solchen Falle nur in der zu engen Begrenzung unserer Wahrnehmungen, nicht aber in den natürlichen Vorgängen. Bei den Wellen auf der Oberfläche des Wassers, die im Verhältniss nur sehr langsam fortschreiten, werden viele Umstände auf einen sehr kleinen Raum zusammengedrängt und gleichsam im Kleinen vor uns abgebildet, die wegen zu grosser Ausdehnung der Räume bei den Schwingungen des Schalles und noch mehr des Lichtes sich der Möglichkeit unmittelbarer Wahrnehmungen fast gänzlich entziehen müssen. Dennoch werden immer ausgedehntere und umfangreichere Untersuchungen, zu welchen uns die Natur selbst die Gelegenheit darbietet, auch in diesen letzten beiden Fällen ebenso zuverlässig die Haltlosigkeit isochronistischer Ansichten lehren, als es bei den Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten längst geschehen ist.

welche zwischen dem Erblicken der des Nachts abgefeuerten Kanonenschüsse und dem darauf gehörten Knalle verfloss, und man konnte daher die Distanzen nicht grösser wählen, als bis zu welchen man in der Nacht das Feuer der abgeschossenen Kanonen noch zu sehen vermochte. Da man jedoch im Stande ist, den Knall grosser Kanonen noch bis zu Entfernungen von 10 bis 15, ja 20 und noch mehr Meilen zu hören, so würde die überaus wichtige Naturwahrheit, dass auch der Schall keine isochrone Bewegung hat, sich auf dem Wege unmittelbarer Messungen noch bestimmter ergeben, wenn man mit genau übereinstimmenden Chronometern die Zeit ermittelte, in welcher der Schall derselben starken Kanonenschläge in Distanzen von 5, 10, 15 und 20 oder selbst noch mehr deutschen Meilen gehört würde. Auch zu solchen Untersuchungen würde die Nachtzeit sich am besten eignen, weil die Luft wegen ihrer grösseren Gleichmässigkeit der Temperatur und wegen grösserer Stille zur Nachtzeit bekanntlich ein noch weit besserer Schallleiter ist als am Tage.

Kann der Schall sich nicht ungehindert durch die freie Luft fortpflanzen, so macht man auch schon in geringeren Entfernungen die Erfahrung, dass der Klang der Töne sich merklich ändert. Der Gesang einer zahlreichen Kirchengemeinde, so wie der Ton einer Orgel, erscheint dem Ohre ausserhalb der Kirche von einer etwas anderen und zwar ebenfalls etwas tieferen Stimmung, als innerhalb derselben, besonders wenn die Thüren derselben verschlossen sind, und folglich die Töne erst durch verschiedene Mittel sich bis zu unserem Ohre fortpflanzen können. Sobald die Thüren der Kirche geöffnet werden, und wir in das Innere derselben eintreten, scheint der ganze Charakter der früher vernommenen Töne plötzlich etwas umgewandelt und in eine reinere, hellere, höhere Stimmung überzugehen. Aehnlich ist es mit dem gemeinsamen Lesen und Singen der Kinder in grösseren Elementarschulen. Noch stärker ändert sich der Charakter der Töne, wenn man eine Stimme aus einem verschlossenen tiefen Keller oder aus einem unterirdischen Gewölbe vernimmt. Der Unterschied des Klanges ist in allen diesen Fällen grösser, als

er bei ganz unveränderter Stimmung derselben Töne nur durch verschiedene Grade der Hörbarkeit sein könnte.

Fassen wir den Inhalt dieses Abschnittes noch einmal kurz zusammen, so erhellt aus demselben Folgendes:

dass alle für den Isochronismus des Schalls aufgestellten Gründe gar keine Beweiskraft haben;

dass insbesondere die bisherigen Messungen der Geschwindigkeiten des Schalls, nach einer genaueren gegenseitigen Vergleichung der gewonnenen Resultate, den experimentellen Beweis einer langsamen, stetigen Abnahme seiner Schnelligkeit liefern müssen;

dass das Verhalten aller sichtbaren Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten auch für die stetige Abnahme der Geschwindigkeit der sehr ähnlichen Undulationen des Schalls spricht;

dass viele akustische Erscheinungen des gewöhnlichen Lebens nach isochronistischen Ansichten völlig unerklärlich sind und auf alle Fälle die Annahme eines analogen Verhaltens der Schallwellen mit den Wellenbewegungen tropfbarer Flüssigkeiten nothwendig machen, und zwar ganz besonders in Bezug auf Ungleichförmigkeit der fortschreitenden Bewegung.

Nun aber möge es noch erlaubt sein, den Herren Physikern vom Fache, welche sich auf die zuletzt angeführten akustischen Erscheinungen des gewöhnlichen Lebens ohne eine noch nähere Prüfung nur wenig einlassen werden, einige ganz neue Prüfungswege vorzuschlagen, die zur vollständigsten Lösung der hier besprochenen Streitfrage führen müssen.

Biot fand den Schall durch die zu seinen Untersuchungen benutzte Röhre von beinahe 3000 Fuss Länge noch von ganz unverminderter Stärke, so dass selbst die leisesten, kaum vernehmbar gelispelten Worte noch am andern Ende derselben gehört wurden. Daher steht zu erwarten, dass nicht nur artikulierte Töne, sondern noch mehr helle, scharfe Töne eines Instrumentes durch ähnliche Röhren selbst in ungleich grössern Entfernungen gehört werden müssen, wenn die Röhren im Ver-

hältniss zu ihrer Länge nur auch die hinreichende Weite haben. Hierzu könnte man in Ermangelung anderer Schallröhren die längsten Röhren von Wasserleitungen oder Gaserleuchtungs-Anstalten grosser Städte benutzen. Hätte man an beiden Enden einer solchen Röhre ganz genau zusammenstimmende Instrumente, wozu sich am vorzüglichsten Violinen eignen würden, weil ein geübtes musikalisches Gehör an ihnen die geringsten Abweichungen von der charakteristischen Stimmung des Grundtons mit grosser Empfindlichkeit wahrnimmt: so würde sich durch korrespondirende Angaben desselben Tones die zuverlässigste Erfahrung darüber einsammeln lassen, dass die Schallwellen in bedeutend grösseren Entfernungen wirklich tiefer klingen, und folglich genau dasselbe Verhalten rücksichtlich ihres Fortschreitens zeigen, wie die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten. Könnte man Schallröhren von mehreren Meilen Länge herstellen oder auffinden, so würde der Gewinn für die Wissenschaft noch grösser sein, weil dann die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen ein starker Knall sich im Inneren der Röhre und gleichzeitig in dem unbegrenzten Raume in der Luft fortpflanzte, mit demselben Chronometer und von demselben Beobachter unmittelbar gemessen werden könnten.

Ueberhaupt da es längst bekannt ist, dass der Schall durch enge Kanäle oder Röhren sich mit fast unverminderter Stärke auf sehr grosse Entfernungen fortpflanzen lässt, so muss man sich wundern, dass noch nie der Versuch gemacht wurde, nach Art der Telegraphenlinien, auch längere Telephthongen oder Schalllinien als Hülfsmittel schnellerer Kommunikation zwischen entfernteren Orten anzulegen. Die Mittheilung durch die menschliche Sprache würde vollkommener und präziser sein als jede andere, und die Geschwindigkeit des Schalls ist auch durchaus nicht gering, selbst im Vergleich mit unseren besten Kommunikationsmitteln, nur die elektrischen Telegraphen ausgenommen. Denn wenn die Dampfwagen auf unseren Eisenbahnen auch 4 bis 7 Meilen in der Stunde zurücklegen, so würde der Schall bei einer mittleren Geschwindigkeit von nur 1030 Fuss in der

Sekunde schon nahe an 3 Meilen in einer Minute, und selbst bei einer mittleren Geschwindigkeit von nur 1000 Fuss schon in zehn Minuten über 26, und in einer Stunde weit über 150 Meilen durchlaufen haben. Solche Telephthongen oder Schallröhren auf Eisenbahnen von Station zu Station angelegt, vorausgesetzt dass ihre praktische Ausführung nicht mit zu grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, würden gewiss von ausserordentlichem Nutzen theils für die Eisenbahn-Direktionen, theils für das Publikum sein. Die erspriesslichsten Dienste aber würden solche Röhren von möglichst langer Ausdehnung der Wissenschaft leisten; denn auf diesem Wege würden wir die Aussicht gewinnen, nicht nur die stetige Verzögerung der Schallgeschwindigkeit auf experimentellem Wege ohne alle Widerrede zu erweisen, sondern auch die verschiedenen Grade der Verzögerung unter verschiedenen Umständen und besonders bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen, und überdies noch viele andere, die Akustik betreffende, Probleme aufzuklären, über welche wir theils noch sehr unvollständige, theils gar keine Aufschlüsse besitzen.

Doch wir haben keine so ausgedehnte Schallröhren, als zu Versuchen der angegebenen Art wünschenswerth sind, und ob dieselben einst hergestellt werden, ist ebenfalls ungewiss. Daher hat man auch auf Prüfungsmittel zu denken, die jetzt schon erreichbar sind. Es gibt bekanntlich Echos, welche ganze Sylben und Wörter nicht nur einmal, sondern mehrere Male wiederholen. Ein Echo zwischen Coblenz und Bingen soll ein Wort 17mal wiederholen, und ein anderes bei dem Schlosse Simonetta unweit Mailand soll einen Laut sogar 40mal wiedergeben. Ein ähnliches Echo bei Verdun spricht eine einzelne Sylbe 12 bis 13mal nach. Sollten bei diesen vielfachen Echos auch mehr als zwei phonokamptische Punkte vorhanden sein, so steht doch zu vermuthen, dass die letzten Wiederholungen des Echos für ein sehr geübtes Ohr schon etwas tiefer klingen müssen. Sollte man nicht leicht eine Prüfung dieser Art vornehmen können, indem man von einem vielfachen Echo denselben musikalischen Ton öfter wiederholen liesse? Die hier zu lösende Aufgabe bestände darin, zu untersuchen, ob nicht auch hier der Grund-

ton einer Violinsaite bei den immer späteren Wiederholungen durch das Echo allmählig einen etwas tieferen Charakter annimmt, so dass es den Anschein gewinnt, als ob die zuletzt ganz leise nachhallenden Töne wie von einem Instrumente von etwas tieferer Stimmung herkommen?

3. Das Licht.

Auch hier haben wir zunächst die für einen angeblichen Isochronismus des Lichtes herkömmlich überlieferten, aber wie sich leicht zeigen lässt, ganz ungenügenden Beweise auf das vollständigste zu entkräften und zu widerlegen, und sodann zu zeigen, dass eine stetige Abnahme seiner Geschwindigkeit eine Naturwahrheit sei, die ihre Nothwendigkeit in sich selbst trägt, und zugleich durch wichtige Zeugnisse aus der Erfahrung unterstützt wird.

Der Erste, welcher die Entdeckung machte, dass das Licht nicht vollkommen momentan wirke, war der dänische Astronom Olaus Römer, der sich lange zu Paris aufhielt und auch dort zuerst die Lehre von der Schnelligkeit des Lichtes vortrug. Er hatte gefunden, dass die Verfinsterungen der Jupitersmonde nur dann der Zeit nach mit den astronomischen Rechnungen zusammentrafen, wenn Jupiter sich mit seinen Monden in der mittlern Distanz von der Erde befand. Zur Zeit der Opposition kamen die Verfinsterungen seiner Monde 8 Minuten 7 Sekunden zu früh, und zur Zeit der Conjunction um eben so viel zu spät. Im ersteren Falle ist uns Jupiter um den ganzen Durchmesser der Erdbahn näher als im zweiten, und Olaus Römer zeigte, dass diese Beschleunigungen und Verzögerungen der Verfinsterungen der Jupitersmonde sich am genügendsten aus einer fortschreitenden Bewegung des von ihnen reflektirten Sonnenlichtes erklären lassen. Die Richtigkeit seiner Erklärung wird jetzt allgemein anerkannt, und weil man bei allen spätern Beobachtungen jener Finsternisse die Unterschiede in der Zeit ihres Eintritts den Abständen der Jupitersmonde von uns proportional fand: so schloss man hieraus auf eine gleichförmige Geschwindigkeit

des Lichtes und berechnet dieselbe, seitdem die Entfernung der Sonne von der Erde uns näher bekannt ist, ungefähr zu 41900 Meilen in der Sekunde.

Soll aber aus den blossen Finsternissen der Jupitersmonde schon die gleichförmige Geschwindigkeit des Lichtes erwiesen werden, so fehlt diesem Beweise noch sehr viel, um überzeugend zu sein. Will man den Beweis auf diesem Wege führen, so würde es jedenfalls nöthig sein, auch die Monde des Saturn und des Uranus mit in die Vergleichung hineinzuziehen. Denn bei der ungeheuren primitiven Geschwindigkeit des Lichtes und bei dem grossen Abstände des Jupiter von der Sonne und von der Erde sind die verschiedenen Distanzen, bis zu welchen die Schnelligkeit des Lichtes der Sonne an den Monden des Jupiter gemessen werden kann, noch viel zu wenig von einander abweichend. Nimmt man die mittlere Entfernung des Jupiter von der Sonne zu 108 Millionen Meilen, so macht das von ihm und seinen Monden reflektirte Licht zur Zeit der Opposition einen Weg von 196, und zur Zeit der Conjunktion einen Weg von 236 Millionen Meilen, um von der Sonne bis zur Erde zu gelangen. Der Unterschied der grössesten und geringsten Weite ist hier noch nicht sehr gross. Bedeutend grösser aber werden die Unterschiede der Entfernungen, wenn man die Schnelligkeit des Sonnenlichtes auch ausserdem noch an den Monden des Saturn und Uranus zu messen suchte. Das von Saturn und seinen Monden zurückgeworfene Sonnenlicht hat, von der Sonne ausgehend und durch Reflexion wieder bis zu uns zurück, einen Weg von ungefähr 372 bis 412, und das von Uranus und seinen Monden uns zugesendete einen Weg von 760—800 Millionen Meilen durchlaufen. Daher erhalten wir an der einen Umlaufbahn der Erde um die Sonne zur Messung der Geschwindigkeit des Sonnenlichtes gleichsam drei ganz verschiedene Standlinien, deren jede 40 Millionen Meilen und darüber misst, und deren Entfernungen von der Sonne, als dem Ausgangspunkte des Lichtes, durch die eben genannten Zahlengrössen bezeichnet werden. Innerhalb jeder einzelnen dieser Standlinien sind die Abweichungen von der daselbst herrschenden mittleren Geschwin-

digkeit des Lichtes unserer Sonne noch zu unbedeutend, um aus der Erfahrung über die Gleichförmigkeit oder Ungleichförmigkeit dieser Geschwindigkeit entscheiden zu können. Denn bei der Kraft des Lichtes, die von Fixstern zu Fixstern bis zu unermesslichen Entfernungen fortwirkt, und deren primitive Geschwindigkeit so ungeheuer gross ist, bedürften wir jedenfalls grösserer Maafsstäbe zu vergleichenden Messungen, ehe wir den Schluss wagen könnten, dass das Licht einen isochronen Lauf hat, und wir haben wenigstens so lange, als das Licht den feinsten Aether des Himmels, den durchsichtigsten aller Stoffe, durchheilt, nur eine ganz ungemein langsame Abnahme seiner Geschwindigkeit schon im Voraus zu erwarten. Dennoch hat man in Betreff der hier vorliegenden Untersuchung noch nicht mehr gethan, als dass man nur die Schnelligkeit des Lichtes innerhalb der verschiedenen Entfernungen, welche die Jupitersmonde von uns haben können, mit sich selbst verglich, und doch ist die hier zu gewinnende Standlinie wegen der geringen Excentricität der Jupitersbahn unter den drei vorhin vorgeschlagenen gerade die kürzeste. Das Resultat, welches aus solchen Untersuchungen gewonnen werden konnte, ist folglich noch auf keine Weise ausreichend, um als Beweis für einen Isochronismus des Lichtes gelten zu können.

Freilich treten bei der hier vorgeschlagenen Gegenüberstellung verschiedener grösserer Standlinien für den praktischen Astronomen bedeutende Schwierigkeiten ein. Die Bahnen der Saturnmonde haben eine weit stärkere Neigung gegen die Bahn ihres Hauptplaneten, als die Monde des Jupiter, und ihre Verfinsterungen sind also viel seltener. Die Monde des Uranus sind aber so ungemein lichtschwach, dass sie nur durch die stärksten Fernröhre sichtbar sind, und einige derselben noch von Niemandem, ausser ihrem Entdecker Herschel, gesehen worden sein sollen, und da überdies ihre Bahnen gegen die Bahn ihres Hauptplaneten eine fast senkrechte Lage haben, so können ihre Verfinsterungen nur an zwei Stellen der Uranusbahn möglich werden, die erst in mehr als 40 Jahren einmal erreicht werden. Man kann sich also bei den Monden des Saturn und Uranus nicht

auf die Beobachtung der Finsternisse allein beschränken, sondern man hat hier einen anderen Weg einzuschlagen, indem zu untersuchen ist: ob die scheinbaren Umläufe dieser Monde um ihren Hauptplaneten nicht bei geringerem Abstände von uns etwas zu früh, und bei grösserem etwas zu spät vollendet werden? Eine solche Beobachtung lässt sich wenigstens bei den meisten Monden des Saturn mit aller nur zu wünschenden Schärfe durchführen. Besonders würden diejenigen Zeitpunkte, in welchen diese Monde genau den senkrechten Standpunkt über oder unter ihrem Planeten im Gesichtsfelde des Fernrohrs erreichen, ein treffliches Mittel an die Hand geben, um die Unterschiede zwischen ihren scheinbaren und mittleren Umlaufszeiten auf das Bestimmteste aufzufinden.

Uebers dies ist hier noch ein Umstand zu berücksichtigen. Man hat nämlich auch darüber Aufschlüsse zu suchen: ob das Sonnenlicht in seiner ununterbrochenen Fortsetzung durch die freien Räume des Himmels nicht eine grössere Schnelligkeit habe, als nach Durchschneidung der zum Theil sehr dichten planetarischen Atmosphäre? Erhält doch der Schall durch jedes verschiedene Medium, welches ihn fortpflanzt, eine andere Geschwindigkeit, warum nicht auch das Licht? Man bemerkt, dass die Sterne, welche von den Planeten bedeckt werden, anscheinend an ihrem Rande eine Zeit lang festsitzen und dass ihr Licht merkbar abnimmt, ehe sie hinter ihnen verschwinden. Aehnliches geschieht auch mit den Monden des Jupiter, Saturn und Uranus. Man hat hieraus auf eine sehr starke Refraktion des Lichtes geschlossen und daher besonders den Atmosphären der drei letztgenannten Planeten eine grosse Dichtigkeit zugeschrieben. Allein man scheint bis jetzt noch nicht untersucht zu haben, ob diese Erscheinung nicht auch zum Theil auf Rechnung einer sehr merkbaren Verzögerung des Lichtes zu setzen sei, die von den Atmosphären jener Planeten bewirkt wird. Es ist durchaus nicht wahrscheinlich, dass Saturn eine eben so grosse Dichtigkeit der Atmosphäre haben sollte als Jupiter, wie man aus

der scheinbaren Stärke der Refraktion des Lichtes an seinem Rande schliessen will. Saturn hat eine weit geringere Masse und auf seiner Oberfläche eine weit geringere Anziehung als Jupiter: sollte er daher nicht auch eine viel geringere und weniger dichte Athmosphäre haben? Aber es ist leicht einzusehen, dass, wenn der Lauf des Sonnenlichtes durch die Athmosphären jener beiden Planeten bedeutend verzögert wird, diese Verzögerung für den Beobachter auf der Erde um so merklicher werden muss, je weiter die Entfernung ist, welche das Licht noch nachher zu durchlaufen hat, und dass die hieraus entstandenen Folgen, wenigstens beim ersten Eintritt der Sterne oder Monde hinter die Scheibe des Planeten, sich dem Auge des Beobachters gerade eben so darstellen müssen als eine starke Refraktion. Wenn indessen dieser Erscheinung nicht bloß eine einfache Refraktion, sondern auch eine merkliche Verzögerung des Lichtes zum Grunde liegt, so müssen die Sterne, die von einem Planeten bedeckt werden, bei ihrem Eintreten hinter seine Scheibe länger an dem Rande desselben zu kleben scheinen, als bei ihrem Wiederaustreten. Lösen also die von dem Planeten bedeckten Fixsterne oder Monde nach ihrem Wiederaustreten sich schneller von dem Rande derselben ab, als sie früher an ihm zu kleben schienen: so ist ohne Widerrede auch eine merkliche Verzögerung des Lichtes anzuerkennen, und der absolute Isochronismus, den man bisher für das Licht annahm, wird schon durch diese einzige Thatsache widerlegt sein!

Allein man giebt für eine unter allen Umständen konstante Geschwindigkeit des Lichtes noch einen anderen historisch überlieferten Beweis, der, wenn er bündig genug wäre, jede weitere Untersuchung über diesen Gegenstand überflüssig machen könnte. Dieser Beweis wird hergenommen von der Bradleyschen Aberration der Fixsterne, nach welcher das Licht aller Sterne ohne Ausnahme mit gleicher Schnelligkeit sich fortpflanzt. Es ist bekannt, dass Bradley mehrere Jahre hindurch sich bemühte, die jährliche Parallaxe des Sternes γ im Drachen zu finden, der zu Kiew nahe durch sein Zenith ging. Hierbei fand er zunächst an diesem Sterne und später auch an andern, dass von ihnen

jährlich scheinbar eine kleine Ellipse beschrieben wurde, deren grosse, mit der Ekliptik parallele, Axe bei allen Sternen gleich $40'' 5$, deren kleine, auf der Ekliptik senkrechte aber in der Ekliptik selbst gleich Null, mit zunehmendem Abstände von ihr immer grösser und in den Polen derselben auch gleich $40'' 5$ war. Ferner hatten die Sterne zur Zeit ihrer Opposition mit der Sonne ihre kleinste, zur Zeit der Quadraturen ihre mittlere und zur Zeit der Conjunktion ihre grösste astronomische Länge. Dagegen war ihre Breite in den Quadraturen am kleinsten und grössten, und in den Syzygien von mittlerem Werthe. Es ist leicht einzusehen, dass diese scheinbaren Ortsveränderungen nicht von einer jährlichen Parallaxe der Fixsterne herrühren konnten. Bradley erklärte sie nach den Gesetzen der Zusammensetzung der Bewegungen sehr anschaulich aus einer Zusammwirkung der Geschwindigkeit des Lichtes und der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne, indem er aus beiden Geschwindigkeiten, die einander unter verschiedenen Winkeln schneiden, Parallelogramme bildete, in welchen alle Lichtstrahlen die Erde genau in den Richtungen der Diagonalen treffen mussten, und hiermit stimmten jene scheinbaren Bewegungen aller Fixsterne auf das vollkommenste überein. Man nahm die Richtigkeit der von Bradley entdeckten Erscheinung nebst ihrer Erklärung um so lieber an, weil theils hierin eine neue Bestätigung des Kopernikanischen Systems gefunden wurde, nach welcher man eben durch Auffindung einer jährlichen Parallaxe der Fixsterne gesucht hatte; theils aber weil die von Bradley gefundene Geschwindigkeit des Lichtes aller Fixsterne mit der Geschwindigkeit des Sonnenlichtes genau übereinstimmte; denn $40'' 5$ kommen genau dem Bogen der Erdbahn gleich, den die Erde in derjenigen Zeit zurücklegt, in welcher das Licht unserer Sonne den ganzen Durchmesser der Erdbahn durchheilt. Aber beweisend für eine konstante Geschwindigkeit des Lichtes der Sonne und aller Fixsterne ist diese Entdeckung Bradleys noch auf keinerlei Weise. Hiergegen ist Folgendes zu erinnern.

Bradley konnte ungeachtet seiner Ausdauer, seiner vortrefflichen Hülfsmittel und seines eminenten Beobachtungstalentes

unmöglich so viele Sterne mit gleicher Genauigkeit verfolgen, um die Grössen der Aberrationsellipsen in den verschiedensten Breiten und Längen des Himmelsgewölbes nur durch Beobachtung gefunden zu haben. Die Theorie der Aberrationen, besonders in ihrer Anwendung auf verschiedene Gegenden des Himmels, musste also viel früher fertig sein, als der experimentelle Beweis ihrer Richtigkeit. Dieser Beweis ist sogar geradezu unmöglich, weil dazu Beobachtungen von solcher Ausdehnung und Feinheit erforderlich sein würden, dass sie alle menschlichen Kräfte weit übersteigen. Die vollkommene Uebereinstimmung der von Bradley gefundenen Geschwindigkeit des Lichtes mit der, welche Olaus Römer entdeckt hatte, muss uns daher gegen die Theorie so genau zutreffender Aberrationen aller Fixsterne eher misstrauisch machen, als für dieselbe einnehmen. Ein so genaues Zutreffen der Resultate pflegte doch sonst nicht sobald bei schwierigen Untersuchungen einzutreten, besonders wenn es sich um die Auffindung bestimmter Zahlengrössen handelt. Es geschieht dies selbst nicht bei solchen Untersuchungen, welche viel leichter sind und weit öfter wiederholt werden. Wenn z. B. alle bisherigen Messungen der Geschwindigkeit des Schalls in der atmosphärischen Luft noch nicht hinreichend gewesen sind, um uns von einer isochronen Bewegung des Schalls, die ebenfalls allgemein behauptet wurde, wirklich zu überzeugen: wie soll alsdann die blosse Erscheinung der Aberrationen, die nur von Bradley allein, und zwar nur an wenigen Fixsternen beobachtet wurde, für hinreichend erachtet werden können, um eine isochrone oder völlig konstante Geschwindigkeit des Lichtes aller Fixsterne daraus erweisen zu wollen? Hierzu kommt, dass die Aberrationen der Breite nach der Theorie Bradleys oft so unendlich feine Unterschiede zeigen müssen, dass sie auf blossem Beobachtungswege gar nicht zu finden sind; dass aber die Aberrationen der Länge mit den Rektascensionen sehr nahe zusammenfallen, so dass die geringsten Fehler in der Zeit der Beobachtung sehr bedeutende Unrichtigkeiten zur Folge haben müssen. Um die Aberrationen der Länge bis auf 0,25 Sekunden bestimmen zu können, wie Bradley ge-

than hat, muss die Zeit zwischen zwei Beobachtungen, welche 3 oder 6 Monate lang von einander entfernt liegen, bis auf eine Tertie genau gemessen sein; und eine so genaue Zeitbestimmung ist uns wiederum völlig unmöglich.

Wie unsicher es mit einer genauen Bestimmung so kleiner scheinbarer Ortsveränderungen der Sterne stehen müsse, lässt sich abnehmen aus einer anderweitigen Aeusserung eines der berühmtesten praktischen Astronomen der neuesten Zeit. Der Professor Enke erklärt nämlich in einem Schreiben an den Etatsrath Schumacher in dessen astronomischen Nachrichten, Jahrgang 1846, Nummer 570. S. 288: „Auch muss ich gestehen, dass mir die Schätzung von Otto Struve, als würde später (in Betreff der Bestimmung des astronomischen Standpunktes der Fixsterne) die Genauigkeit von einer halben Sekunde erreicht werden, sehr übertrieben zu sein scheint. Unsere Hauptsterne besitzen diese nicht.“ Nun wenn selbst unsere Hauptsterne nach ihrer astronomischen Lage noch nicht bis auf eine halbe Sekunde genau bestimmt werden konnten: wie soll es denn möglich sein, die grosse und kleine Axe der Aberrationsellipsen in den verschiedensten Gegenden des Himmels bis auf noch viel kleinere Unterschiede auf dem Wege der blossen Beobachtung gefunden zu haben, zumal da hier nicht von den Ortsveränderungen einzelner Fixsterne, sondern von einer gemeinsamen Verschiebung des ganzen Himmelsgewölbes die Rede ist. Die Theorie der Aberrationen, um etwas für den Isochronismus des Lichtes beweisen zu können, war jedenfalls viel zu früh fertig!

Mit diesen Einwürfen soll nicht etwa die Theorie der Aberrationen überhaupt als irrthümlich bezeichnet und noch weniger das ausgezeichnete Verdienst eines Bradley um die Entdeckung derselben geschmälert werden; sondern nur dieses Eine war zu zeigen, dass dasjenige, was Bradley auf dem Wege der Beobachtung wirklich fand und finden konnte, viel weniger ist, als was aus seiner Theorie folgen würde. Alle späteren Tafeln über die Aberrationen der Fixsterne, wie z. B. die von Mezger und v. Zach können aber für eine

gleiche oder gleichförmige Geschwindigkeit des Lichtes der Sonne und aller Fixsterne noch weit weniger erhärten, weil sie ohne eigene Beobachtung nur aus der Theorie Bradleys arithmetisch berechnet wurden.

Für einen gleichförmigen Lauf des Lichtes giebt es gar keinen Beweis, wohl aber die wichtigsten und unabweisbarsten Gründe für das Gegentheil, nämlich:

- 1) Das Verhalten aller undulirenden Bewegungen.
- 2) Die abweichenden Geschwindigkeiten des Schalls in verschiedenen Mitteln.
- 3) Die immer grössere Wahrscheinlichkeit, dass das Licht der Sonne eine elektrische Kraft ist.
- 4) Die verschiedenen Grade der erleuchtenden Kraft des irdischen Feuers.
- 5) Die Morgen- und Abendröthe.
- 6) Das Verhalten aller unvollkommen durchsichtigen Körper gegen das Licht.
- 7) Die Gesetze der Mechanik.
- 8) Der Erfahrungssatz, dass es weder vollkommen durchsichtige, noch vollkommen undurchsichtige Körper giebt.

1. Alle undulirenden Bewegungen erleiden eine stetige Verzögerung! Dieser Satz kann hier ganz allgemein ausgesprochen werden, indem die langsamste aller undulirenden Bewegungen, welche bis jetzt allein eine unmittelbare Prüfung in dieser Rücksicht zuliess, stetig verzögert wird. Diese unumstössliche Erfahrung ist aber für alle andern undulirenden Bewegungen insofern maassgebend, als sich gar kein scheinbarer Grund auffinden lässt, warum die übrigen sich anders verhalten sollten als die eine, welche uns bis jetzt am genauesten bekannt ist. Erkennen wir also das Licht, wie es von den meisten und bedeutendsten Physikern der neueren Zeit geschieht, als eine Kraft an, die durch Undulationen vermittelt wird, so wird es sich auch demselben Gesetze einer stetigen Verzögerung unterwerfen müssen, welches an der Wellenbewegung des Wassers auch nicht dem geringsten Zweifel mehr unterliegt. Die so ausserordentlich von einander abweichenden

Geschwindigkeiten, welche die undulirenden Bewegungen zeigen, sind keine specifischen Verschiedenheiten, sondern nur Unterschiede des Grades. Der Schall eilt mehrere hundertmal schneller fort, als die sichtbaren Wellen des Wassers. Die Vibrationen des Lichtes sind mehr als 800,000 mal schneller, als die Schwingungen des Schalls, und daher müssen auch die Distanzen im Verhältnisse der Kuben dieser Zahlen wachsen, ehe der Naturforscher hoffen kann, auf rein empirischem Wege das Gesetz der stetigen Verzögerungen auch an den zuletzt genannten beiden Thätigkeiten aufzufinden. Die bisherigen Messungen der Schallgeschwindigkeiten können uns jedoch schon überzeugen, dass ein ähnliches Abnahmegesetz für die Schallwellen wirklich Statt finden müsse, wie für die sichtbaren Wasserwellen. Folglich ist die Annahme einer isochronen Bewegung des Lichtes ebenfalls nur ein verjährter scholastischer Irrthum, den noch ausgedehntere und genauere Untersuchungen künftig widerlegen werden.

2. Noch unnatürlicher ist die Annahme einer nicht bloß isochronen, sondern unter allen Umständen sogar völlig gleichen Geschwindigkeit des Lichtes neben den vielen abweichenden Geschwindigkeiten des Schalls in ungleichen Mitteln. Schon die blossen Unterschiede der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft erhöhen oder verringern in ihr die Geschwindigkeit, mit welcher der Schall weiter eilt, und alle Metalle, Holzarten, Glas, Harz, ferner Wasser und alle sonstigen Flüssigkeiten, so wie alle Gase von verschiedener Spannkraft weisen dem Schalle immer wieder andere Grade der Geschwindigkeit an. Und das Licht sollte durch kein anderes Medium eine andere Schnelligkeit der Bewegung erhalten? Das Licht sollte die Athmosphäre unserer Erde und aller Planeten mit derselben Schnelligkeit durchschneiden, wie den feinsten Aether des Himmels? Es sollte durch Wasser, durch feuchten und trüben Nebel und durch alle noch so wenig durchsichtigen Körper, sie mögen eine Beschaffenheit haben, welche sie wollen, seine einmal angenommene Geschwindigkeit niemals ändern? Sind wir schon so ganz gewiss versichert, dass wir durch das reflektirte Licht

der Monde des Jupiter die Urgeschwindigkeit des Sonnenlichtes ganz genau kennen? Selbst Delambre's Tafeln über die Finsternisse der Jupitersmonde, die besten, welche wir besitzen, sind noch immer nicht von solcher Vollkommenheit, um diese Frage mit aller Sicherheit zu entscheiden.

3. Das Sonnenlicht ist, wie man schon seit längerer Zeit vermuthen musste, und wie es die Untersuchungen der neuesten Zeit wohl bald über allen Zweifel erheben werden, eine elektrische Kraft. Dem Professor Maass am Collège de la Paix zu Namur soll es nach den neuesten Blättern gelungen sein, das blosse Sonnenlicht in Elektrizität zu verwandeln, oder vielmehr, es durch seine Experimente unmittelbar als Elektrizität darzustellen und als solche wirken zu lassen. *) Allein die Physiker schreiben bekanntlich der Elektrizität eine weit grössere Geschwindigkeit als dem Sonnenlichte zu. Wenn nun das Sonnenlicht selbst eine elektrische Kraft ist, sollte es dann in seiner Urgeschwindigkeit wohl hinter der Geschwindigkeit der Elektrizität auf unserer Erde zurückbleiben? Hatte aber das Sonnenlicht vor seiner Reflektion durch die Monde des Jupiter eine grössere Geschwindigkeit, so können wir ihm auch nicht eine unter allen Umständen gleiche Schnelligkeit zuschreiben. An einigen Kometen will man in ihren Schweifen sogar Lichtabwechselungen wahrgenommen haben, die in einer Sekunde wohl

*) Dass das Licht eine elektrische Kraft sei, hat der Verfasser schon in seiner früheren Brochüre: „Neue Theorie der Mechanik des Himmels“ für seine Ueberzeugung erklärt, indem er nur zwei oberste Elemente oder Urstoffe der physischen Welt anerkennt: eine anziehende Masse, die aus dunklen Atomen besteht, und eine abstossende elektrische Materie, welche leuchtet. Sollte sich nun die Entdeckung des Professors Maass zu Namur bestätigen, so wird dieselbe ein neuer Beweis für die naturgemässe Wahrheit der von dem Verfasser dieses vertheidigten Ansicht sein, dass die Sonne nicht mit anziehender, sondern nur mit abstossender Kraft auf alle sie umkreisenden kleineren Weltkörper einwirkt, die vermöge ihrer eigenen Anziehung und ihres Strebens nach dem Lichte der Sonne sich auf sie zu stürzen suchen.

eine halbe Million Meilen durcheilten. Ist auch diese Beobachtung auf Wahrheit begründet, so würde sie schon für sich allein einen Erfahrungsbeweis abgeben, dass es gewisse Arten des Lichtes in der Natur giebt, die unter gewissen Umständen eine noch weit grössere Schnelligkeit des Laufes besitzen, als man bisher für alle Arten des Lichtes unter allen Umständen annahm.

4. Auf die Annahme verschiedener Geschwindigkeiten des Lichtes leiten uns ferner die sehr verschiedenen Grade der erleuchtenden Kraft des irdischen Feuers. Hätte jedes Licht unter allen Umständen eine gleiche Schnelligkeit der Bewegung, so müsste ja auch die Flamme des irdischen Feuers und selbst der verglimmende Funke in der Asche seine Lichtwellen mit derselben ungeheuren Geschwindigkeit durch die Luft, und sogar durch den trübsten und fast undurchsichtigen Nebel aussenden, wie die Sonne ihr Licht durch die freien Räume des Himmels. Ja es müssten auch die schwächsten Lichtstrahlen des dunkelroth glühenden Eisens, und sogar die Strahlen der noch unsichtbaren Wärme, die ein unserem Auge noch nicht wahrnehmbares Licht enthalten, in ihrer Fortbewegung in die Ferne schon dieselbe Geschwindigkeit haben. Wie unglaublich erscheint eine solche Theorie! Weit einfacher und natürlicher ist die Annahme, dass, je grösser die Intensität eines Lichtes ist, desto schneller auch die Geschwindigkeit sein müsse, mit welcher seine Wellen in die Ferne eilen. Das Eisen, wenn es erhitzt wird, sendet anfangs nur Wärmestrahlen und ein für uns unsichtbares Licht aus. Die Erhitzung wird grösser, die ausgesendeten Strahlen werden schneller und folgen auf einander in immer kleineren Intervallen, bis sie endlich die Schnelligkeit eines für uns schon wahrnehmbaren Lichtes erhalten. Dieses Licht ist zuerst nur ganz dunkel; aber die Erhitzung wird noch grösser, die Wärmestrahlen werden immer schneller und das Licht wird deutlicher und nimmt eine immer hellere Farbe an. So geht das Licht des glühenden Eisens bei immer höher gesteigerten Temperaturen nach und nach von dem dunkelsten Roth zum hellsten Weiss über, und es schliesst sich daran ganz einfach

diese Theorie: je heller und intensiver ein Licht ist, desto schneller sendet es auch seine Lichtwellen in die Ferne. Gegen das Licht der Sonne erscheint jede Flamme des irdischen Feuers von rother Farbe und matt, und je weniger intensiv eine Flamme ist, desto matter und rother erscheint sie. Roth ist die verglimmende Kohle gegen die helle Feuerflamme, trübe und dunkelroth zeigt sich die schwache Flamme einer Lampe, die mit sehr unreinem Oel gespeist wird, gegen eine Flamme von raffinirtem Oele. Röthlich erscheint die Flamme des hellsten Wachs- oder Wallrath-Lichtes gegen eine Gasflamme von sehr intensiver Helligkeit. Bringen wir alle diese Erscheinungen mit den obigen Folgerungen in Verbindung, die wir aus den verschiedenen Farben des glühenden Eisens gezogen haben, so sagen wir: das Licht der Sonne durchheilt den Raum schneller als das Licht der hellsten Gasflamme; das Licht des Hydro-Oxygen-Gases, welches eine sehr weisse Farbe und intensive Helligkeit hat, wirkt schneller als das Licht jedes anderen irdischen Feuers, und so sinken die fortschreitenden Geschwindigkeiten immer tiefer herab, je trüber und dunkler ein Licht von Natur leuchtet, bis zur unsichtbaren Strahlenwärme.

5. Man wende das so eben Gesagte auf das Licht der Sonne allein an, und es lässt sich hiernach schon im Voraus erwarten, dass, wenn etwa die Strahlen des Sonnenlichtes in der Athmosphäre der Erde unter gewissen Umständen mehr als gewöhnlich verzögert werden, ihr Licht auch alsbald eine rothe Farbe annehmen müsse. In der That kann man dies täglich wahrnehmen beim Aufgang und Untergang der Sonne, wenn ihre Strahlen in schräger Richtung die untersten und dichtesten Theile der Athmosphäre durchschneiden müssen, und ihr Licht erscheint alsdann um so dunkelrother, je stärker die Athmosphäre mit Dünsten erfüllt ist. An einem nebligen Morgen erscheint die Sonnenscheibe zuweilen von blutrother Farbe und höher am Himmel wird ihre Farbe bei solchem Nebel gelblich-roth. Wie ist dies einfacher zu erklären, als durch eine grössere Langsamkeit ihrer Strahlen, verbunden mit einer successiven Verlängerung der Lichtwellen? Denn die rothe Farbe des

gebrochenen Lichtstrahls bildet bekanntlich die längsten Vibrationen, und wir werden hierdurch wieder auf ein völlig analoges Verhalten der Vibrationen des Lichtes mit den sichtbaren Wasserwellen hingeführt. Wird dies eingeräumt, so haben wir in der Morgen- und Abendröthe und in allen hiermit verwandten Erscheinungen nicht nur das Vorkommen verschiedener Geschwindigkeiten des Sonnenlichtes, sondern auch stetige Verzögerungen desselben anzuerkennen.

6. Auf die Nothwendigkeit einer stetigen Verzögerung des Lichtes führt uns aber auch sein Verhalten gegen alle Körper von unvollkommener Durchsichtigkeit. Bis zu einer gewissen Tiefe dringen die Strahlen des Lichtes in jedes noch so trübe und dunkelgefärbte Wasser ein; aber mit wachsender Tiefe nimmt ihre erleuchtende Kraft sehr rasch ab, und endlich hört sie ganz auf. Nun lässt sich unmöglich voraussetzen, dass das Licht bis zur äussersten Grenze seiner Wirksamkeit seine ganz unverminderte Schnelligkeit beibehalten und hier gleichsam wie mit einem Schlage plötzlich in seinem Laufe aufgehalten werden sollte! Hat das Medium von unvollkommener Durchsichtigkeit eine noch grössere Tiefe, so ist bei einer unverminderten Schnelligkeit des Lichtes nirgends eine Grenze gegen ein noch tieferes Eindringen desselben gesetzt, und man sieht nicht ein, warum das Licht nicht jedes halb durchsichtige Medium ganz durchsichtig machen sollte? Folglich muss die Schnelligkeit des Lichtes in jedem Medium von unvollkommener Durchsichtigkeit ungemein rasch abnehmen, bis seine Vibrationen völlig ermatten und so ihre äusserste Grenze finden. Ja, wenn man auch die Undulations-Theorie des Lichtes verwirft und die Theorie der Emanation vorzieht, so ist man dennoch genöthigt, stetige Verzögerungen des Lichtes in den unvollkommen durchsichtigen Körpern anzuerkennen, denn die emanirten Theile des Lichtes müssen in den unvollkommen durchsichtigen Körpern auf schwer zu besiegende Hindernisse treffen, und hierdurch wird ein Theil derselben fortwährend zurückgeworfen und der Rest durch beständige Reibungen in seinem Laufe stetig verzögert.

7. Ein völlig isochroner Lauf des Lichtes widerspricht den Gesetzen der Mechanik. Die Mechanik lehrt, dass jede Kraft, welche eine Gegenkraft zu überwinden hat, etwas an ihrer ursprünglichen Grösse verlieren muss. Alle Körper verhalten sich aber gegen das Licht auf eine verschiedene Weise. Sie sind mehr oder weniger durchsichtig, und manche von ihnen haben auf den äusseren Anschein eine gänzliche Undurchsichtigkeit. Sie setzen also dem Lichte eine grössere oder geringere Kraft der Trägheit entgegen, indem sie entweder seine Undulationen in ihrem Inneren fortzusetzen vermögen oder dieselben zurückwerfen. In beiden Fällen muss aus mechanischen Gründen die Schnelligkeit des Lichtes verzögert werden, im ersten Falle wegen der eigenen Trägheit der durchsichtigen, und im zweiten Falle wegen der unvollkommenen Elasticität der undurchsichtigen Körper.

8. Nun aber giebt es nach den Zeugnissen der Erfahrung weder vollkommen durchsichtige, noch vollkommen undurchsichtige Körper. Eben so wenig, als wir einen Körper kennen, der zur Aufnahme und Fortpflanzung der Schallwellen gar nicht geeignet wäre, kennen wir auch einen Körper, der sich gegen die Wirkungen des Lichtes absolut verschliessen könnte. In allen Körpern findet sich für das Licht ein Leitungsvermögen neben einem Vermögen der Reaktion vor. Nur das Verhältniss, in welchem das Leitungsvermögen und das Vermögen der Reaktion in den sogenannten durchsichtigen und undurchsichtigen Körpern zu einander stehen, ist von der allgrössesten Verschiedenheit. Der undurchsichtigste Körper, den wir kennen, ist das Gold; aber auch das Gold lässt sich bei seiner grossen Dehnbarkeit so fein schlagen, dass es, gegen das Licht gehalten, grün aussieht und folglich das Licht durch sich hindurchlässt. Der durchsichtigste Körper, den wir auf unserem Planeten kennen, ist die atmosphärische Luft; indessen auch diese ist nur unvollkommen durchsichtig. Dies sehen wir an der Schwächung des Sonnenlichtes, sobald die Sonne dem Horizont nahe steht, an der blauen Farbe des Himmels und an dem bläulichen Anflug der Berge und Wälder bei grösseren Ent-

fernungen. Ja sogar der reinste Himmelsäther scheint nur unvollkommen durchsichtig zu sein, weil unsere stärksten Fernröhre in den entlegensten Tiefen des Himmels immer noch einen bleichen Lichtschimmer wahrnehmen lassen, der von dem gemeinsamen Lichte vieler Sterne herzurühren scheint. Diesen bleichen Lichtschimmer könnten wir nicht mehr sehen, wenn nicht auch die sogenannten leeren Räume des Himmels noch mit einem unvollkommen durchsichtigen Stoffe erfüllt wären, in welchem das Licht der entferntesten Fixsterne sich für uns abspiegelt. Giebt es aber keinen vollkommen durchsichtigen und keinen vollkommen undurchsichtigen Körper, so giebt es auch keinen isochronen Lauf des Lichtes; denn nur von den verschiedenen Graden der Reaktion gegen den Lauf des Lichtes rühren die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit aller körperlichen Stoffe her. Zwischen der fast vollhommenen Undurchsichtigkeit des Goldes und der fast vollkommenen Durchsichtigkeit der Athmosphäre und des Aethers giebt es unendlich verschiedene Grade der Durchsichtigkeit. Jeder andere Grad weist dem Lichte ein anderes Maass von Verzögerung an, und eben so wenig, als das Licht in den am wenigsten durchsichtigen Körpern eine gleichförmige Geschwindigkeit des Laufes beibehalten kann, eben so wenig vermag es dieselbe in den alldurchsichtigsten zu haben, weil Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit der Körper nur Gradunterschiede sind und keine absoluten Gegensätze.

Aus allen diesen Gründen müssen wir auch die angeblich isochrone Bewegung des Lichtes als eine völlig unstatthafte Theorie zurückweisen. Diese Theorie nimmt die Natur nicht, wie sie wirklich ist. Sie nimmt keine Rücksicht auf die allen Bewegungen in der physischen Welt mit Nothwendigkeit entgegentretenden Hindernisse, die nirgends eine absolute Gleichförmigkeit einfacher Bewegungen zulassen; sie nimmt keine Rücksicht auf die bereits erwiesene Ungleichförmigkeit der uns bekanntesten undulirenden Bewegung, die uns über den ungleichförmigen Charakter aller anderen undulirenden Bewegungen belehren muss; sie leitet ihre Behauptungen aus einem zu eng

begrenzten Kreise von Erfahrungen ab, und es muss daher zur Ehre der Naturwissenschaften unabweisbar gefordert werden, den bisherigen Kreis von Beobachtungen noch um so viel zu erweitern, als die Natur selbst uns dazu auffordert. Erst wenn dieses geschehen ist, werden die Ergebnisse der Erfahrung uns auch unmittelbar über die ungleichförmige Geschwindigkeit des Lichtes belehren, von welcher uns schon ein tieferer Blick in den inneren Zusammenhang aller natürlichen Erscheinungen unzweifelhaft überzeugen muss.

4. Die Schwingungen des Pendels.

Eigentlich gehören die Schwingungen des Pendels gar nicht zu der Klasse der sogenannten isochronen Bewegungen; denn zu dieser würden nur solche Bewegungen zu rechnen sein, die von einer einfachen Ursache herrühren und zur Erhaltung ihrer gleichförmigen Geschwindigkeit keiner stetig nachhelfenden Kraft bedürfen. Aber die stetig wirkende Schwerkraft der Erde giebt dem Pendel zu jeder Schwingung den neuen Impuls und verleiht ihm bei jeder Annäherung zur Vertikale eine ungleich beschleunigte und bei jeder Entfernung von derselben eine ungleich verzögerte Geschwindigkeit. Dennoch wird auch den Pendelschwingungen ein gewisser Isochronismus oder vielmehr Tautochronismus zugeschrieben, wenn der Elevations-Winkel desselben nur gering ist. Dies geschieht nämlich insofern, als zu den verschiedenen Schwingungen desselben Pendels eine fast vollkommen gleiche Zeit erfordert wird, selbst bei immer kleiner werdenden Schwingungen. Ein absoluter Tautochronismus findet zwar auch hier nicht Statt, wie Galilei, der erste Entdecker der Pendelgesetze, anfangs glaubte. Es ist längst bekannt, dass die Schwingungen des Pendels bei einem grösseren Ausschlagwinkel eine etwas kürzere Zeit erfordern, als bei einem kleineren. Nur ist bei sehr kleinen Schwingungen, wenn sie auch von etwas verschiedener Grösse sind, der Unterschied in der Zeitdauer so ungemein gering, dass er erst nach einer grossen Anzahl von Schwingungen bemerklich wird. So machte

z. B. das Pendel, welches Maupertuis zu Pello bei verschiedener Grösse der Schwingungsbögen beobachtete, wenn es nur einen Bogen von 3° beschrieb, den Tag hindurch 3 bis 4 Schwingungen mehr, als bei einem Schwingungsbogen von $4^{\circ} 20'$, was erst auf etwa 22000 bis 28000 Schwingungen eine einzige mehr betrug. *)

Dagegen hat man mit Hülfe der höheren Mathematik gefunden, dass ein Pendel, welches in einer Cykloide schwingt, zu allen seinen grösseren und kleineren Schwingungen vollkommen gleiche Zeittheile erfordern würde. Diesem Pendel pflegt man daher einen absoluten Tautochronismus der Schwingungen beizumessen, und man nennt aus diesem Grunde die Cykloide oder Radlinie in der Pendellehre auch die Tautochrone. Auch hat man vielfach versucht, wirkliche Cykloidal-Pendel herzustellen, indem schon Huyghens fand, dass die Evolvirende einer Cykloide ebenfalls eine cykloidale Biegung haben müsse. Man liess also ein Pendel an einem Faden oder einer biegsamen Stahlfeder zwischen zwei cykloidisch gekrümmten Flächen schwingen, so dass sich der Faden an diese Flächen anlehnen musste. Die genaue Durchführung ist jedoch geradezu unmöglich, besonders weil bei den immer kleineren Schwingungen eines momentan angestossenen Pendels die Anlehnung des Fadens an die beiden gekrümmten Flächen nicht mehr vollständig zu erreichen ist. Auch hat Euler gezeigt, dass zur Erlangung eines vollkommenen Tautochronismus zugleich eine Bewegung im luftleeren Raume und ein einfaches Pendel erforderlich wäre. Mehrere Gelehrte, besonders Bernouilli und Euler, haben sich überdies bemüht, auch für jede Art des Widerstandes, die

*) Maupertuis, La figure de la terre, déterminée par les observations de Messieurs de Maupertuis, Clairaut etc. Paris MDCCXXXVIII, Livre III. Chap. II. pag. 165 et 166. Die analytischen Formeln über die verschiedene Zeitdauer der Schwingungen desselben Pendels bei verschiedenen Grössen des Ausschlagwinkels hier mitzutheilen, gehört nicht zum Zwecke dieser Schrift, die nur allgemeinere Naturwahrheiten für einen grösseren Kreis von Naturfreunden kritisch beleuchten will.

das physische Pendel zu überwinden hat, als den Druck der Luft, die Reibungen am Aufhängungspunkte u. s. w., die Tautochrone des Pendels aufzufinden. Indessen die praktische Ausführung der so berechneten Pendel ist allemal unmöglich, und Euler gesteht selbst, dass diese Probleme eigentlich nur zu einer Uebung in der höheren Analysis, nicht aber zu einer Erweiterung unserer Kenntniss der wirklichen Natur dienen können. Im Grunde gehören also alle diese Theorien nicht in die praktische, sondern nur in eine philosophische Naturlehre.

Eben so ist es mit dem einfachen oder mathematischen Pendel. Dieses Pendel ist nur ein ideales. Man stellt sich dasselbe aus einer mathematischen Linie bestehend vor, deren oberer Endpunkt die Drehungsaxe bildet und deren unterer Endpunkt schwer ist. Für ein solches Pendel giebt es gar keine Hindernisse der Bewegung, und es würde, momentan angestossen, endlos schwingen, wobei es sich von selbst versteht, dass die zu den einzelnen Schwingungen erforderlichen Zeitabschnitte immer genau dieselbe Grösse behalten müssen. Wenn jedoch hier alle aus einfacher Ursache entstandenen iso- und tautochronen Bewegungen als widernatürlich dargestellt werden, so kann nur von den wirklich vorkommenden oder doch wenigstens noch als möglich zu denkenden Bewegungen in der physischen Welt nach ihrer einmal vorhandenen Beschaffenheit die Rede sein; nicht aber von solchen, die nur zum Zwecke wissenschaftlicher Demonstrationen fingirt werden und niemals eine Realität erhalten können. Dass die Bewegungen eines mathematischen Pendels von allen realen Verhältnissen der physischen Welt gänzlich abstrahiren, wird aber von allen Physikern von vorn herein zugestanden.

Wenn dagegen allgemein behauptet worden ist, dass auch sogar das physische oder zusammengesetzte Pendel mit endloser Gleichmässigkeit schwingen müsste, sobald es nur seine Schwingungen im leeren Raume machen und an seinem Aufhängungspunkte von aller Reibung frei sein könnte: so ist eine solche Ansicht, die Reales und Ideales mit einander zu vermischen

sucht, abgesehen von der völligen Unmöglichkeit, ein physisches Pendel unter diesen Bedingungen herzustellen, auch nicht einmal richtig. Die Schwingungen eines physischen Pendels müssen unter allen nur irgendwie denkbaren Umständen stetig verringert werden. Denkt man sich die stetigen Verringerungen der Pendelschwingungen fort, so werden diese Schwingungen selbst undenkbar. In einem absolut leeren Raume könnte ein Pendel gar nicht mehr schwingen; denn alle Schwere wäre dann aufgehoben!

Die Schwerkraft, welche die Ursache aller Pendelschwingungen ist, kann zwar selbst keine Materie, sie muss eine Kraft sein; denn die veraltete Idee von einer schwermachenden Materie ist schon längst dadurch widerlegt, dass die Grösse der Kraft, mit welcher die Himmelskörper einander anziehen, nur in den Massen der anziehenden Körper, nicht aber in den Räumen ausser ihnen gefunden wird und dass diese Kraft im verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen wirkt. Ist aber die Schwerkraft keine Materie, so bedarf sie dennoch, wie alle übrigen Kräfte, der physischen Welt mit unabweisbarer Nothwendigkeit eines materiellen Mediums zu ihrer Fortleitung. Sie kann nicht jede räumliche Distanz momentan überspringen; sie kann nicht, da sie sinnlich wahrnehmbare Wirkungen hervorbringt, aller sinnlich vorstellbaren Vermittelung gänzlich entbehren! Um sich die physische Möglichkeit anziehender Wirkungen überhaupt nur vorstellbar machen zu können, muss man sich denken, dass von jedem anziehenden Körper eine Saugkraft — also eine bewegende Thätigkeit — ausgeht, die durch den Raum weiter fortschreitet, bis sie denjenigen Körper erfasst, an welchem man die Anziehung wahrnimmt. Schreitet aber eine bewegende Kraft räumlich fort, so muss sie auch in jedem Stadium der Bewegung einen elastischen Stoff vorfinden, der ihr selbst zum Vehikel dient. Wo absolut gar nichts ist, was bewegt werden kann, da wird auch die bewegende Kraft selbst undenkbar, und sie kann folglich ihre Wirkungen nie im leeren Raume äussern oder über denselben hinaus fortsetzen. Ist nun aber aus diesen Gründen

auch für die Schwerkraft eben sowohl als für den Schall, für das Licht, für die Wärme und für alle übrigen Kräfte der physischen Welt, ein fortleitendes Medium erforderlich, so kann ein physisches Pendel ohne stetige Abnahme der Schwingungen gar nicht gedacht werden; denn dasselbe Medium, welches die Wirkungen der Schwerkraft dem schwingenden Pendel zuführt, muss auch nach allen andern Richtungen, ausser der vertikalen, gegen die Bewegungen des Pendels reagiren. Also auch auf diesem Gebiete muss schon die blosse Denkbarekeit isochroner oder tautochroner Bewegungen geleugnet werden.

Jetzt kommen wir auf eine Folgerung, die an das bisher Gesagte anzuschliessen ist und die für die praktische Astronomie nicht unwichtig sein kann. Auch die Schwerkraft der Erde und aller anderen die Sonne umkreisenden Weltkörper haben wir als eine Kraft anzusehen, die räumlich weiter eilt wie das Licht, und die folglich eines materiellen Mittels, als eines Trägers ihrer Wirkungen zu deren Fortleitung, bedarf. Das Licht der Sonne, welchem Referent in seiner „Neuen Theorie der Mechanik des Himmels“ eine abstossende Kraft vindicirt, wird durch Undulationen vermittelt. Licht und Schwerkraft sind die einander entgegengesetzten Grundkräfte des Weltalls; sie sind einander coordinirt, haben ein gleiches Gesetz der Abnahme und wirken nur nach entgegengesetzten Richtungen. Die eine dieser beiden Grundkräfte kann also zur Aufklärung der anderen dienen. Wirkt das Licht durch Undulationen, so muss es auch die Schwerkraft thun; nur dass im ersten Falle die von dem lichtsendenden Körper ausgehenden und mit feiner Elektricität begleiteten Undulationen eine abstossende, und im zweiten Falle die von den gravitirenden Massen verursachten, der Form nach auf sie zueilenden und besonders den elektrischen Stoff heransaugenden Undulationen eine anziehende Kraft haben. Weil jedoch alle undulirenden Bewegungen eine stetig abnehmende Geschwindigkeit zeigen, so würde dasselbe auch von den Undulationen der Schwerkraft einzuräumen sein, und es fragt sich, ob sich alsdann nicht auch hierfür einige Belege

in der Natur finden lassen. Aus einer stetigen Verzögerung der Attraktionsschwingungen würde nämlich die Folge zu ziehen sein, dass die bisherige einfache Gravitationsformel, nach welcher man die anziehenden Massen aller Himmelskörper innerhalb des Wirkungsgebietes unserer Sonne berechnet, noch einer kleinen Berichtigung bedürfen muss. Die Schwerkraft aller anziehenden Massen darf alsdann nicht bloß in dem Maasse als abnehmend gedacht werden, in welchem die Quadrate der Entfernungen zunehmen, sondern in einem noch etwas stärkeren arithmetischen Verhältnisse.

Dass dieses aber wirklich geschehe, dafür giebt es in der That einige sehr ansprechende astronomische Beweise, die zur Bestätigung der Richtigkeit der hier aufgestellten Naturansicht dienen können. Den ersten Beweis entnehmen wir aus den verschiedenen astronomischen Bestimmungen der anziehenden Masse des Jupiter.

Bouvard bestimmte die anziehende Masse des Jupiter aus den Störungen, die Saturn in seiner Bahn von ihm erleidet, zu $\frac{1}{1073}$ der Sonnenmasse, welche letztere in diesen und in allen ähnlichen Fällen von den Astronomen gewöhnlich als das Maass zur Bestimmung der übrigen Massen angenommen wird, nach der bisher recipirten Ansicht, dass auch die Sonne eine anziehende Kraft ausübe. Lange sah man diese durch Bouvard gegebene Massenbestimmung des Jupiter als eine sehr zuverlässige an. Doch Gauss war der Erste, welcher zeigte, dass die Masse des Jupiter noch etwa um $\frac{1}{80}$ grösser sein müsse, indem er sie aus den Perturbationen, die Jupiter in der Umlaufsbahn der Pallas hervorbrachte, zu $\frac{1}{1054}$ der Sonnenmasse berechnete. Ganz dieselbe Masse des Jupiter fand Nikolai aus den Perturbationen im Laufe der Juno, und wieder fast genau dasselbe Resultat ergab sich auch aus Enke's Rechnungen, welche sich auf die Störungen im Laufe der Vesta gründeten. Nun hat man aber die Masse des Jupiter auch aus den Bahnen und Umlaufzeiten seiner Monde zu bestimmen gesucht. Schon Newton berechnete sie aus der Bahn des vierten Jupitersmondes, indem er seinen Rechnungen Anfangs die noch sehr unvoll-

kommenen Messungen Halley's zum Grunde legte. Dieses Resultat war noch ungenügend; daher nahm er später die Messungen von Pound und erhielt hierdurch die Masse des Jupiter gleich $\frac{1}{1067}$ der Sonnenmasse, und diese Bestimmung wurde nicht nur von Laplace in seiner *Mécanique céleste*, sondern auch von allen Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts als richtig angenommen. Dennoch haben neuere Messungen und Rechnungen das Resultat geliefert, dass auch die astronomischen Bestimmungen von Pound noch unvollkommen gewesen sein müssen. Es haben zwei spätere Astronomen, wieder ganz unabhängig von einander, die Masse des Jupiter aus den möglichst genau vermessenen Bahnen seiner Monde zu bestimmen gesucht, und die aus ihren Untersuchungen hervorgegangenen Resultate zeigen eine ungemein nahe gegenseitige Uebereinstimmung; aber die Masse des Jupiter erscheint darnach noch grösser, als nach allen bisher angeführten Bestimmungen derselben. Der Erste dieser beiden Astronomen war Triesnecker in Wien, welcher aus den Monden des Jupiter die Masse dieses Planeten gleich $\frac{1}{1040}$ der Sonnenmasse fand, und Airy in Cambridge, der sie in Folge seiner mit den vortrefflichsten Hülfsmitteln unterstützten Berechnungen, deren Zuverlässigkeit auch eine weit verbreitete Anerkennung gefunden hat, zu $\frac{1}{1043}$ der Sonnenmasse berechnete. *)

Bei allem diesem ist nun zweierlei bemerkenswerth. Erstlich, dass diejenigen neueren Messungen und Rechnungen, welche die Wirkungen der Schwerkraft des Jupiter in ziemlich gleichen Entfernungen von ihm zum Gegenstande der Untersuchung hatten, mit einer bewunderungswürdig nahen Uebereinstimmung zusammentreffen, obgleich die Messungen und die darauf basirten Rechnungen von verschiedenen Astronomen, und zwar ganz unabhängig von einander, unternommen wurden. Zweitens ist es ein merkwürdiger Umstand, dass nach den neuesten Messungen die Masse des Jupiter anscheinend stets um so grösser gefunden wird, je geringer die Distanz

*) Littrow, *Wunder des Himmels*, 2. Abtheil., 6. Kap. §. 98 u. 99.

ist, für welche man die Wirkungen seiner Schwerkraft berechnete. Saturn nähert sich zur Zeit seiner Conjunction mit dem Jupiter diesem letzteren nur etwa bis auf 80 Millionen Meilen; Pallas, Juno und Vesta treten ihm ungefähr bis auf 35—50 Mill. Meilen nahe, und der nächste Jupitersmond ist von diesem Planeten im Mittel nur 54980, der äusserste 245400 Meilen entfernt. In diesen Abständen verhalten sich die Wirkungen der Schwerkraft des Jupiter, wenn man sie nach der bisherigen allgemeinen Gravitationsformel auf ihren ursprünglichen Werth oder auch nur auf eine gleiche Entfernung zu bringen sucht, zu sich selbst wie $\frac{1}{1073}$, $\frac{1}{1054}$ und $\frac{1}{1043}$. Höchstens nur eine einzige dieser Massenbestimmungen kann die richtige sein; aber da hier eine auffallende Steigerung derselben Grösse hervortritt in der Art, dass sie bei immer kleinerem Abstände in einem gewissen arithmetischen Verhältnisse wächst: so sieht man sich wohl genöthigt, in der Gravitationsformel selbst noch eine kleine Unvollkommenheit vorauszusetzen, die ein noch genaueres Zutreffen der astronomischen Rechnungen bei sehr von einander abweichenden Distanzen unmöglich macht. Die verschiedenen Grössen der Jupitersmasse, die aus den Wirkungen ihrer Schwerkraft auf verschiedene Weltkörper sich zu ergeben schienen, machten den Astronomen auch lange Zeit viele Schwierigkeiten. Man vermuthete sogar, dass diesen anscheinend abweichenden Graden der Anziehung vielleicht verschiedene chemische Verwandtschaften zum Grunde liegen möchten. Indessen die zahlreichsten und sorgfältigsten Pendelversuche haben gelehrt, dass die Kraft der allgemeinen Gravitation auf Körper von allen Stoffen gleich stark wirkt. Aus diesem Grunde erlaubte sich Wurm mit den Beobachtungen Triesneckers, deren Revision er vornahm, mancherlei willkürliche Abänderungen, um sie den Resultaten anzupassen, die aus denen anderer Astronomen hervorgingen. *)

Nach der hier mitgetheilten Ansicht findet eine so grosse Schwierigkeit gar nicht statt. Aehnliche Resultate genauerer

*) S. Littrow a. a. O.

Untersuchungen haben wir hiernach vielmehr bei allen Planeten schon im Voraus zu erwarten, bei welchen man es möglich machen kann, die Wirkungen ihrer Schwerkraft in verhältnissmässig sehr grossen und sehr kleinen Entfernungen mit einander zu vergleichen. Die stetig abnehmende Geschwindigkeit der Attraktionschwingungen stimmt die Wirkungen der Attraktion noch etwas stärker herab, als die Quadrate der Entfernungen zunehmen, und dieses noch etwas stärkere Abnahmeverhältniss muss in der Gravitationsformel ebenfalls bemerkt werden.

Schon Clairaut hat früher wegen der Bewegung der Apsidenlinie unserer Mondbahn, die schneller ist, als sie nach der Newton'schen Formel sein sollte, eine ähnliche Ansicht geäussert. Diese Apsidenlinie muss nach Newtons Theorie eine vorwärtsschreitende Bewegung haben; aber Newton selbst (Princip. Lib. I. Propos. XLV. Cor. 2.) und nach ihm Clairaut (Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences 1745), Euler (Theoria motus Lunae, Auctore L. Euleri, Petrop. 1753. Cap. VIII. §. 238) und d'Alembert fanden durch Rechnung diese Bewegung nur etwa halb so gross, als aus der Beobachtung gefunden wird. Clairaut nahm daher an, dass die Attraktion ein zwiefaches Gesetz der Abnahme befolgen müsse, das eine, wie es Newton bereits gegeben hatte, und ein anderes, nach welchem diese Abnahme ausserdem noch in einem etwas grösseren Verhältnisse wachsen müsse. Später widerrief zwar Clairaut diese Ansicht, indem er erklärte, dass die Abweichung der Rechnung von den Beobachtungen nur davon herrühre, dass man denjenigen Grössen im Calcul zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt habe, die wegen ihrer Kleinheit eine Zeitlang ohne merklichen Fehler vernachlässigt werden könnten; die aber bei weiterer Fortsetzung des Calculs auf das Endresultat einen merklichen Einfluss gewinnen müssten, und er versicherte, dass eine genauer durchgeführte Rechnung die Bewegung der Apsidenlinie der Mondbahn vollkommen mit den Beobachtungen übereinstimmend gebe. *) Immer aber bleibt es sehr auffallend, dass vier der grössten Arith-

*) Astronomie von Bohnenberger, Tübingen 1811, drittes Buch, Kap. IV. §. 320.

metiker, welche die neuere Zeit gekannt hat, in ihrem Calcul sich so gleichmässig sollten geirrt haben, und die später erfolgten Erklärungen dürften eine nochmalige Revision der hierauf bezüglichen Rechnungen doch noch nicht überflüssig gemacht haben. Hierzu kommt nämlich, dass die Wirkungen der Schwerkraft unserer Erde auch selbst auf die revolvirende Bewegung unseres Mondes schon im Allgemeinen etwas zu gering sind. Die Fallhöhe aller nicht unterstützten Körper wird unmittelbar über der Oberfläche unserer Erde in der ersten Sekunde gleich 15,1 Par. Fuss gefunden. Hieraus ist nach der Newton'schen Formel sehr leicht zu berechnen, wenn nur die mittlere Distanz des Mondes von dem Mittelpunkte unserer Erde bekannt ist, wie gross die Fallhöhe der Körper gegen die Erde in dieser Entfernung sein müsse. Die horizontale Parallaxe des Mondes im Perigäum ist $61'32''$, im Apogäum $53'52''$; folglich ist die mittlere Entfernung des Mondes vom Centrum der Erde gleich 51325,5 geogr. Meilen, und rechnet man die geogr. Meile mit Littrow zu 22841,8 Par. Fuss, so muss die Erde jeden fallenden Körper in dieser Distanz noch um 0,004233866445... P. F. in der ersten Sekunde anziehen. Nun aber ist die siderische Umlaufszeit des Mondes um die Erde gleich 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten und 11,52 Sekunden, und auch hieraus lässt sich der Fall des Mondes gegen die Erde in jeder Zeitsekunde berechnen, nach der bekannten astronomischen Formel, dass dieser Fall gleich ist der Distanz des angezogenen Körpers von dem anziehenden, multiplicirt mit dem halben Quadrat des Bogens, den der angezogene Körper in einer Zeitsekunde zurücklegt. Der Mond legt nach der so eben genannten Umlaufszeit in jeder Zeitsekunde im Mittel einen Bogen von 0,54914 Sekunden, oder, was dasselbe ist, von dem 0,000002661694537904 Theile des Halbmessers seiner Bahn zurück; folglich fällt er in jeder Zeitsekunde gegen die Erde um 0,0000000000035423..... Halbmesser seiner Bahn oder um 0,00415 Par. Fuss. *) Der Fall des Mondes

*) Noch genauer ergeben die Rechnungen:
 0,000000000003542308906304044046356608 Halbmesser der Mondbahn
 oder 0,0041528853771947944928800080533183872 Par. Fuss.

gegen die Erde ist also in der That geringer, als er sein sollte, und auch dies hat früher den Astronomen viele Schwierigkeiten verursacht, bis man den Ausweg fand, es als eine Folge der Anziehungskraft der Sonne auf den Mond anzusehen. Doch auch selbst die Richtigkeit dieser Bemerkung eingeräumt, dass eine von der Sonne ausgehende Anziehungskraft den Fall des Mondes gegen die Erde im Mittel um etwas verringern muss, weil zur Zeit der Conjunction des Mondes mit der Sonne sein Fall gegen die Erde dadurch stärker verzögert als er zur Zeit der Opposition beschleunigt werden müsste: so zeigen doch genauere Rechnungen, dass hierdurch der Unterschied zwischen dem wirklichen Fall des Mondes gegen die Erde und dem aus der Newton'schen Formel sich ergebenden immer noch nicht vollständig gedeckt wird, und es bleibt uns hier wieder kein anderer Ausweg, als in Wahrheit ein etwas stärkeres Abnahmeverhältniss für die Schwerkraft unserer Erde anzuerkennen, als dies nach der ganz einfachen Newton'schen Formel geschehen dürfte.

Die anziehenden Wirkungen aller gravitirenden Massen für jede Entfernung sind, nach den jetzt recipirten Ansichten, genau

gleich $\frac{M}{D^2}$. Wird indessen die Nothwendigkeit einer stetigen Verzögerung der Attraktionsstrahlen anerkannt, und nennt man ihre primitive Geschwindigkeit V (velocitas) und ihre stetige Verzögerung C (cunctatio), so muss die Anziehungskraft in jeder

Distanz gleich $\frac{M}{D^2} + V - n C$ sein. Weil aber der Ausdruck $V - n C$ auch auf alle anderen undulirenden Bewegungen ohne Ausnahme in Anwendung gebracht werden kann, so hat man bei den Verzögerungen der primitiven Geschwindigkeiten auch darauf Rücksicht zu nehmen, ob die undulirenden Bewegungen sich nur nach einer, oder nach zwei oder nach allen drei Dimensionen des Raumes fortpflanzen. Nur nach einer Dimension gehen z. B. die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten zwischen den parallelen Seitenwänden eines Kanals und die Schallwellen in einer Schallröhre von gleichbleibender Weite. Sucht man daher einen ganz allgemein gültigen Ausdruck für die Verzögerungen,

so hat man eigentlich nur in diesem Falle ein einfaches C mit n zu multipliciren, als der Zahl bestimmter Zeittheilchen, welche die fortschreitende Bewegung gebraucht hat, so dass die Geschwindigkeit überall gleich $V - nC$ ist. Nach zwei Dimensionen des Raumes gehen die Wellen auf unbegrenzter Wasseroberfläche, wo sie sich ungehindert nach allen horizontalen Richtungen ausbreiten. Hier tritt daher das quadrirte Verhältniss der Verzögerungen ein; weil aber C als Decimalbruch zu V , der ursprünglichen Einheit, angegeben werden muss, so wird in dem analytischen Ausdruck hierfür $2C$ zu setzen sein. Bei den undulirenden Bewegungen endlich, die nach allen drei Dimensionen des Raumes gerichtet sind, wie bei den Schnelligkeiten des Schalls in der freien Luft und bei den Bewegungen des Lichtes und der Schwerkraft findet ein kubisches Verhältniss der Verzögerungen Statt. Hiernach würde die berichtigte Formel

für die Gravitation $\frac{M}{D^2} \times V - 3nC$ sein. Allein V und C sind

erst noch künftig für jeden speciellen Fall aus den Beobachtungen abzuleiten, und man wird hierbei in Betreff der Gravitation ganz ähnliche Grundsätze zu befolgen haben, wie sie schon früher Clairaut zur Berichtigung der Gravitationsformel vorschlug.

5. Die Rotationen der Himmelskörper.

Von allen Astronomen werden die Rotationen der Planeten als solche Bewegungen angesehen, die sich mit der allervollkommensten Gleichförmigkeit fortsetzen; und diese Ansicht gründet sich, namentlich so weit sie unsere Erde betrifft, auf unverwerfliche Zeugnisse der Erfahrung. Man weiss es durch die sorgfältigsten Vergleichen alter und neuer astronomischer Beobachtungen mit aller nur zu wünschenden Bestimmtheit, dass die Tageslänge unserer Erde seit Hipparchs Zeiten noch nicht um eine halbe Sekunde ab- oder zugenommen haben kann und dass die Gleichförmigkeit der Axendrehung unserer Erde seitdem auch nicht ein einziges Mal unterbrochen oder verzögert wurde! Eine ähnliche Gleichförmigkeit der Axendrehung ergeben nun aber auch, so weit es überhaupt für unsere Beob-

achtungsmittel möglich ist, alle hierauf bezüglichen Untersuchungen der ausgezeichnetsten praktischen Astronomen der neueren Zeit in Betreff der übrigen Planeten. Ueberdies ist schon aus philosophischen Gründen selbst gegen einen vollkommenen Isochronismus der Rotationen aller anderen Planeten gar nichts einzuwenden, wenn diese Art der Bewegung für unsere Erde durch Zeugnisse der Erfahrung einmal feststeht. Hier haben wir es also in der That mit einer isochronen Bewegung zu thun; allein die Untersuchung bewegt sich nun auf einem anderen Gebiete, indem wir nämlich die Frage zu erörtern haben: ob eine solche Bewegung, wie man es bisher ohne Gründe apriorisch annahm, aus einer einfachen Ursache herühren könne, oder ob sie nicht vielmehr ihrem ganzen Charakter nach von noch jetzt wirksamen Kräften ihren Ursprung nahm und durch dieselben stetig geregelt wird?

Die neuere Astronomie seit Newton leitet die Entstehung aller rotirenden und revolvirenden Bewegungen der Himmelskörper von primitiven Anstößen her, deren Folgen mit endloser Gleichmässigkeit fortwirken. Diese Ansicht ist jedoch nicht mehr als eine willkürliche Annahme, und sie trägt ihre Entschuldigung nur in dem offenen Geständnisse der sonstigen Unzulänglichkeit der Principien, die Newton der physischen Astronomie nach seinem Standpunkte zu geben vermochte, über welchen zwar nicht er selbst, wohl aber seine Nachfolger schon längst hätten hinaus gehen können. So lange wir die natürlichen Phänomene noch nicht mit physischer Nothwendigkeit aus den uns bekannten Fundamentalkräften der Natur ableiten können, sondern zu ihrer Erklärung noch willkürlicher Voraussetzungen bedürfen, stehen wir durchaus noch nicht an der Grenze unserer naturhistorischen Forschungen. Hierzu kommt, dass jene Voraussetzung Newtons, von der so eben die Rede war, mit dem effektiven Grundcharakter der physischen Welt in Widerspruch steht, indem ein folgerechtes Nachdenken über den Gesamttinhalt unserer bisherigen Erfahrungen und über den unzerreissbaren Zusammenhang aller natürlichen Phänomene uns

überzeugen muss: dass alle Bewegungen, die von einer momentanen Ursache herrühren, eine stetig abnehmende Geschwindigkeit haben, und dass dagegen alle Bewegungen, die auf isochrone Weise fort dauern, stetig nachwirkender Kräfte zur Erhaltung ihres Isochronismus bedürfen. An allen undulirenden Bewegungen, die man bisher mit Unrecht für isochrone gehalten hat, wurden stetige Verzögerungen theils aus Zeugnissen der Erfahrung, theils aus Vernunftgründen dargethan; nun aber wird ferner zu zeigen sein, warum die Rotationen und Revolutionen der Himmelskörper keine einfachen Folgen momentaner Anstösse sein können?

Die Rotationen oder Axendrehungen, welche wir an allen uns bekannten Himmelskörpern wahrnehmen, können nach ihrem jetzigen Charakter auf keinen Fall blosser Nachwirkungen längst vergangener momentaner Ursachen sein. Dies folgt, wie Verfasser dieses schon in seiner früheren Schrift nachgewiesen hat, besonders aus den Eigenthümlichkeiten der Rotationen der Nebenplaneten. Der Mond unserer Erde dreht uns beständig dieselbe Seite zu, und die Astronomen erklären bekanntlich dieses Phänomen dadurch, dass der Mond seinen längsten Durchmesser gegen die Erde richtet und durch die Attraktion der letzteren verhindert wird, mit diesem Durchmesser jemals eine andere Richtung anzunehmen. Weil nun aber die Umlaufsbewegung des Mondes um die Erde in Folge der jetzigen Abnahme der Excentricität der Erdbahn seit Jahrhunderten eine kleine periodische Beschleunigung erfährt, so beschleunigt sich genau in demselben Maasse auch seine Rotation, und folglich ist wenigstens die Rotation des Mondes unserer Erde, wie sie sich effektiv gestaltet hat, keine einfache, sondern eine zusammengesetzte Bewegung. Dieselbe Thatsache einer durch die Attraktion ihrer Hauptplaneten für immer gefesselten Rotation wiederholt sich aber, so weit unsere Beobachtungen zu reichen vermögen, an allen Nebenplaneten. Folglich kann auch den Rotationen aller anderen Nebenplaneten eben so wenig der Charakter eines einfachen Isochronismus zugeschrieben werden. Ueberall sehen wir, dass die Rotationen der Nebenplaneten nicht frei sind von noch

jetzt wirksamen Einflüssen; denn es gehört einerseits zu den unglaublichsten Annahmen, dass derselbe primitive Stoss irgend einem angezogenen Weltkörper eine vollkommene Gleichheit der rotirenden und revolvirenden Bewegung mittheilen konnte. Dieser Fall konnte unter Billionen denkbaren Fällen sich kaum einmal zutragen, und doch wiederholt er sich, so viel uns bekannt ist, bei allen Nebenplaneten ohne Ausnahme, und zwar bei den verschiedensten Geschwindigkeiten ihrer umlaufenden Bewegung. Andererseits aber ist es physisch unmöglich, dass ohne den unausgesetzten Einfluss des anziehenden Centralkörpers die drehende und umlaufende Bewegung des angezogenen einander immer gleich bleiben könnten, sobald die zuletzt genannte Bewegung in ihrem mittleren Werthe periodischen Ungleichheiten unterliegt, wie dies erwiesener Maassen bei dem Monde unserer Erde geschieht. Hierzu kommt, dass, ungeachtet alle Nebenplaneten ihren Hauptplaneten beständig dieselbe Seite zuwenden, dennoch wunderbarer Weise von diesen letzteren auch nicht ein einziger dasselbe Verhalten gegen die Sonne zeigt. Ist etwa ein so durchweg verschiedener Charakter der Rotationen der Nebenplaneten und der Hauptplaneten, der wie eine specifische Verschiedenheit aussieht, die blos zufällige Folge der unter kein Gesetz zu bringenden, verschiedenen Richtungen primitiver Anstösse? Sollte dieser auffallende Unterschied nicht vielmehr mit unabänderlicher physischer Nothwendigkeit schon aus der blossen Vertheilung der noch jetzt wirksamen Grundkräfte des Weltalls folgen müssen? Man gebe allen selbstleuchtenden Fixsternen, und folglich auch der Sonne, eine Kraft der Abstossung und nur allen dunkeln Weltkörpern, die sich dem Lichte der ersteren entgegenschwingen, eine heransaugende Kraft, die sich als Gravitation darstellt: und nicht nur das so eben genannte, sondern auch viele andere, bisher unbegriffene Räthsel des Universums sind wie mit Einem Schlage gelöst. Man sehe sich wohl vor, dass man durch die bisherige Theorie nicht in physische Unmöglichkeiten verwickelt werde! Kann etwa dieselbe Attraktion der Sonne, die bei den Umlaufbewegungen

aller Planeten als stetig mitwirkend gedacht werden soll, bei den Rotationen derselben als gänzlich wirkungslos gedacht werden? Warum zwingt diese angebliche Attraktion der Sonne denn keinen einzigen Planeten, ihr eben so unablässig dieselbe Seite zuzuwenden, wie die Anziehungskräfte der letzteren sämtliche Monde dazu zwingen? Sind doch auch die Hauptplaneten nicht vollkommen kugelförmig, und haben sie doch auch, eben so wie die Monde, eine Menge unregelmässiger Unebenheiten auf ihrer Oberfläche. Warum richtet ferner der Mond, welcher unsere Erde begleitet, seinen Schwerpunkt nicht fortwährend gegen die Sonne, sondern gegen uns, obgleich eine vermeintliche Attraktion der Sonne ihn 2,6 mal so stark anziehen müsste, als die Attraktion der Erde? Gewiss geschieht dies nicht wegen der endlosen Folgen eines primitiven Stosses, die hier völlig undenkbar werden, sobald man nur einmal eingeräumt hat, dass irgend eine fremde Attraktion den Schwerpunkt des Mondes unabänderlich in der Richtung gegen sich fesseln konnte. Gelingt dies irgend einer Attraktion, so konnte es nur der grössten gelingen, und es erklärt sich diese Thatsache nur aus derselben physischen Nothwendigkeit, mit welcher alle fallende Körper ihren Schwerpunkt nach unten bringen. Nur die Erde zieht also den Mond an, nicht aber die Sonne. Wie aus den anziehenden Kräften aller Planeten und Monde, die uns Newton kennen lehrte, und aus dem Konflikt dieser Kräfte mit einer Repulsivkraft der Sonne, für welche auch ausserdem die wichtigsten und unabweisbarsten Gründe sprechen, die merkwürdige Grundverschiedenheit zwischen den Rotationen der Planeten und Monde sowohl nach ihrer Entstehung als nach ihrem ferneren Verlaufe sich als eine physische Nothwendigkeit von selbst ergibt, hat Verfasser schon in seiner früheren Schrift auseinandergesetzt und wird daher hier nicht wieder darauf zurückkommen. *) Hier ist jetzt nur von einer Widerlegung des einfachen Isochronismus der Rotationen die Rede, und da nach dem allgemeinen Eingeständnisse aller Astronomen wenigstens so

*) Neue Theorie der Mechanik des Himmels. S. 24 ff. 35 ff. 45 ff.

viel ausser Frage gestellt ist, dass die Rotationen der Nebenplaneten, die ihren Hauptplaneten beständig dieselbe Seite zuwenden, durch die Anziehungskräfte der letzteren unfrei geworden sind: so haben wir auf alle Fälle in den Rotationen dieser Art nur solche Bewegungen vor uns, auf welche der Begriff eines einfachen Isochronismus nicht angewendet werden kann.

Auch die Axendrehungen der Hauptplaneten sind keine einfachen Bewegungen. Rührten sie blos von einer momentanen Ursache her, die jetzt nur noch in ihren zeitlichen Folgen nachwirkt, so müssten sie sämtlich stetig verzögert werden. Alle Rotationen der Planeten haben nämlich fortwährend mit Reibungen zu kämpfen, die theils von ihren eigenen Athmosphären, theils von dem Aether der freien Himmelsräume herrühren. Man halte Beides nicht für eine übereilte und unüberlegte Behauptung! Allerdings wird man hier entgegnen: „Die eigenen Athmosphären der Planeten können ihre Rotationen nicht verzögern, weil sie die drehende Bewegung derselben mitmachen, und die Existenz eines alle Himmelsräume erfüllenden Aethers ist noch sehr problematisch und mindestens bis jetzt unerwiesen.“ Ueber Beides erlaube man daher folgende Bemerkungen.

Alles, was in irgend einem Zweige der Naturforschung als unbestreitbarer Erfahrungssatz feststeht, und dessen Erklärung man als einen wirklichen Gewinn für die Wissenschaft ansieht, das muss für alle Gebiete der Naturforschung eine gleiche Geltung haben, oder sonst ist mit unserer speciellen Kenntniss einzelner natürlicher Erscheinungen und Thatsachen noch gar nichts gewonnen. Indem also hier von den Athmosphären der Planeten die Rede ist, erinnern wir an die regelmässigen Strömungen gewisser Winde, welche der Rotation unserer Erde unausgesetzt entgegenwirken, und an die wissenschaftlichen Erklärungen, welche die Herren Physiker und Meteorologen von diesen Winden gegeben haben.

In der heissen Zone unserer Erde wird die Luft durch die senkrechten Strahlen der Sonne stärker erwärmt und ausgedehnt,

als in den höheren Breiten, und folglich specifisch leichter. Daher dringt die atmosphärische Luft, welche sich immer wieder in das richtige Gleichgewicht zu setzen sucht, von Norden und Süden beständig gegen die Linie vor, und weil diese Luft durch den Umschwung der Erde früher eine weniger schnelle Bewegung erhalten hatte, als sie in der Nähe der Linie erst gewinnen muss, so bewirkt ihr fortwährendes Zuströmen aus den höheren Breiten nördlich und südlich vom Aequator die sogenannten Passatwinde, die besonders im atlantischen und äthiopischen Meere, so wie im ganzen grossen Ostocean, bekannt sind, und welche unausgesetzt gegen die Rotation der Erde ankämpfen. Ist diese Erscheinung ununterbrochener Nordost- und Südostwinde auf beiden Seiten des Aequators durch die Erfahrung bestätigt, was wohl keinem Zweifel mehr unterliegen kann, so folgt daraus unmittelbar, dass die Erde schon durch ihre eigene Atmosphäre stetige Hindernisse gegen eine gleichmässige Fortdauer ihrer Axendrehung vorfindet. Denn wenn auch dagegen die höheren Strömungen der Luft, die sich von der Linie gegen den Norden und Süden der Erde wieder herabsenken, eine entgegengesetzte Richtung annehmen müssen und aus ganz ähnlichen Gründen auf der Nordküste von Asien und vielleicht auch in den Gegenden des südlichen Polarkreises eben so beständige Westwinde verursachen, so wird doch hierdurch die weit stärkere Reibung der Erde gegen ihre eigene Atmosphäre auf beiden Seiten der Linie keineswegs aufgehoben. Man sehe dieses Hinderniss gegen die vollkommen gleichförmige Fortdauer der Rotation unserer Erde nicht als ein so geringes an, dass man gar nicht nöthig hätte, dasselbe zu berücksichtigen. Es ist ja allbekannt, wie ausserordentlich gross selbst die Wirkungen der kleinsten Naturkräfte werden, wenn sie durch sehr lange Zeiträume beständig fortwirken, und wir haben hier nur an das Ovidische:

Gutta cavat lapidem, consumitur annulus usu,

Et teritur pressa vomer aduncus humo.

(Eleg. X ad Albinoranum)

zu erinnern. Sollten diese ununterbrochen fortwehenden Nord-

ost- und Südostwinde auf beiden Seiten des Aequators die Axendrehung unserer Erde seit 2000 Jahren auch noch nicht um eine einzige Sekunde haben verzögern können, wenn gar keine Kraft vorhanden gewesen wäre, die Folgen dieser beständigen Reibungen wieder aufzuheben?

Man nehme bei diesem Einwande gegen den einfachen Isochronismus der Axendrehungen auch Rücksicht auf solche Planeten, auf welchen die Reibungen gegen die eigene Athmosphäre noch sehr bedeutend stärker als auf unserer Erde sein müssen. So hat insbesondere Jupiter eine sehr dichte Athmosphäre, eine ganz ungemein geringe Schiefe der Ekliptik und zugleich eine weit schnellere Axendrehung als unsere Erde. Alles dieses sind Umstände, die auf ihm noch ausserordentlich viel stärkere Passatwinde auf beiden Seiten des Aequators verursachen müssen, und in der That erklärt man hieraus, so wie aus damit zusammenhängenden starken Verdichtungen seiner Athmosphäre zu anhaltenden Wolkenzügen, das fortwährende streifige Aussehen des Jupiter. Nach allen unseren Kenntnissen von der Beschaffenheit einer ausdehnsamen Athmosphäre sind ununterbrochene Passatwinde, die gegen die Axendrehung einen nicht unbedeutenden Gegendruck ausüben, bei allen mit einer Athmosphäre umgebenen Planeten, die an ihrem Aequator von den Strahlen der Sonne stärker erwärmt werden als an den Polen, unvermeidlich, und wir müssen daraus schliessen, dass, wenn solche Planeten nur in Folge eines momentanen Stosses oder Wurfes im Anfange ihrer Bildung zum Rotiren gebracht worden wären, schon die eigenen Athmosphären die drehende Bewegung stetig verringern müssten und sie endlich ganz paralisiren würden. Hat also die drehende Bewegung unserer Erde seit 2000 Jahren nach den Zeugnissen der Erfahrung sich noch gar nicht verringert, so kann diese Bewegung nicht von einer einfachen Ursache entstanden sein, sondern es müssen stetig wirkende Kräfte das vorhandene Maass dieser Bewegung mit physischer Nothwendigkeit für alle Zeiten feststellen. Wie aber durch die Repulsivkraft der Sonne im Konflikt mit den Anziehungskräften der Planeten sich Rotationen der letzteren von end-

losem Isochronismus und revolvirende Bewegungen von endloser Periodicität bilden mussten, hat Referent ebenfalls schon in seiner früheren Schrift angedeutet und daselbst die Ansicht ausgesprochen, dass auf diesem Wege sich künftig der allgemeine analytische Ausdruck für die Rotationsgeschwindigkeiten aller Planeten müsse finden lassen. *)

Den zweiten Einwand gegen einen vermeintlich einfachen Isochronismus der Rotationen haben wir aus der nothwendigen Anerkennung eines Aethers herzuleiten, der alle Räume des Himmels erfüllen muss. Für das Dasein eines materiellen Aethers sprechen zunächst schon die allverbreiteten Wirkungen des Lichtes und der Schwerkraft. Es ist in den neuesten Zeiten schon mehrfach von den bedeutendsten Auktoritäten der Wissenschaft ausgesprochen worden, dass alle Imponderabilien, die man mit Berzelius jetzt auch wohl Dynamiden oder Kraftstoffe zu nennen pflegt, auf das Vorhandensein eines feinen Stoffes, des Aethers, mit einer fast zwingenden Nothwendigkeit hinweisen, indem man geneigt ist, die Undulationstheorie als Erklärung für die Erscheinungen des Lichtes und der Wärme auch auf die anderen Dynamiden anzuwenden. Dies hat noch kürzlich Direktor August, am 8. Februar d. J. in dem wissenschaftlichen Vereine zu Berlin, in einem die Akustik betreffenden Vortrage als Ergebniss der neuesten Forschungen dargestellt, indem er erklärt, dass besonders die Begründung der Lehre vom Licht, von der Wärme, der Elektricität und dem Magnetismus sich in einem Stadium kritischer Forschung befinden, der zum Abschlusse hindrängt. Geben jedoch die Resultate der vereinten wissenschaftlichen Bemühungen aller Naturforscher in unseren Tagen der Ansicht das grösste Gewicht, dass alle Dynamiden durch Undulationen eines allverbreiteten feinen Mediums vermittelt werden, so ist dies auch den Ansichten, welche Referent in diesen Blättern, so wie in seiner Neuen Theorie der Mechanik des Himmels aufgestellt hat, ungemein günstig. Gewiss giebt es keinen Raum innerhalb des ganzen Universums, so weit wir nur irgend noch das Da-

*) Neue Theorie der Mechanik des Himmels S. 36 u. 43.

sein sich bewegender Weltkörper vermuthen können, der nicht mit einem feinen materiellen Aether angefüllt wäre. Durch Räume von absoluter Leere wäre alle Verbindung zwischen den einzelnen Weltkörpern und selbst alle Denkbarkeit gegenseitiger Wirkungen abgeschnitten; denn nach Allem, was wir mit unserer Vernunft zu fassen vermögen, können die Kräfte des Lichtes und der Schwerkraft, welche ohne alle Widerrede räumlich weiter fortschreiten müssen, nicht von einem Weltkörper zum anderen hinüberwirken, als indem wir uns dieselben durch Vermittelung eines feinen elastischen Mediums weiter getragen denken. Alle Bewegungen und Wirkungen in der physischen Welt müssen einen physischen, d. h. einen sinnlich vorstellbaren Grund haben, oder wir stehen immer noch an dem allerersten Anfange unserer naturhistorischen Forschungen, ohne Hoffnung, jemals einen Schritt thun zu können, der uns in der That auf diesem Gebiete weiter führte.

Allein dies sind Ansichten, welche noch viele Erörterungen pro und contra zulassen und von einem stringenten Beweise für das Dasein eines materiellen Aethers noch weit entfernt sind, werden diejenigen erwiedern, denen es auf alle Fälle nur darum zu thun ist, den seit Newton gewonnenen Boden für die physische Astronomie unantastbar zu erhalten. Newtons Gravitationslehre abstrahirt von allen Reibungen eines materiellen Aethers; folglich, erklären seine Anhänger, giebt es auch keinen solchen, oder er müsste denn so unendlich fein sein, dass er allen Bewegungen der Himmelskörper so gut wie gar kein Hinderniss entgegensetzte. Nach dieser Lage der Dinge müssen wir uns denn freilich noch nach anderen Beweisen für die Existenz eines wirklich materiellen Aethers umsehen, und auch diese werden uns die neueren Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen liefern müssen.

Dass es einen materiellen Aether in den sogenannten freien Räumen des Himmels geben müsse, hat Professor Encke schon an den Bewegungen des nach ihm benannten Kometen nachgewiesen. Dieser Komet zeigte in seinem Wiederscheinen Unregelmässigkeiten, die sich durch keine Perturbationen eines uns

bekannten Planeten oder anderer Himmelskörper erklären liessen, und Encke bewiess durch seine Rechnungen, dass ein Theil der bemerkten Verzögerungen seines Umlaufs nur auf Rechnung der Widerstandskraft eines den Himmelsraum erfüllenden Aethers zu setzen sei. Von keinem Astronomen konnten noch gegründete Einwürfe gegen die Richtigkeit dieser Rechnungen gemacht werden, und nur dadurch suchte man den Folgerungen vorzubeugen, welche hieraus etwa gegen die vollkommene Richtigkeit der Newton'schen Principien überhaupt gezogen werden konnten, dass man die hier entdeckte Widerstandskraft des Aethers noch für zu gering erklärte, als dass sie auch in den Bewegungen der Planeten und Monde sichtbar werden könnte.

Eine gewisse Widerstandskraft des die freien Himmelsräume erfüllenden Aethers nimmt man ferner unmittelbar durch eigene Anschauung an der Form der Kometenschweife wahr. Diese Schweife bestehen aus einem sehr lockeren Stoffe und sie sind wegen der in diesem Falle gewiss nicht zu verkennenden, abstossenden Kraft der Sonne stets von dieser abwärts gerichtet; theils aber hat man die Bemerkung gemacht, dass der Stoff, aus welchem die Kometenschweife bestehen, sich an derjenigen Seite, nach welcher die Bewegung gerichtet ist, am stärksten zusammendrängt, was zur Anerkennung eines gegen die Bewegung dieser Weltkörper widerstrebenden Mittels mit Nothwendigkeit hinführt.

Doch man kennt sogar Erscheinungen in der eigenen Athmosphäre unserer Erde, welche eine noch näher liegende Widerstandskraft des Aethers fast bis zur Gewissheit erheben. Es sind dies nämlich die täglichen Schwankungen des Barometerstandes, welche besonders zwischen den Tropen so ungemein regelmässig sind, dass sie sogar als eine Art von Uhr zur Bestimmung der Zeit dienen können, und dass dort schon Ein Tag und Eine Nacht hinreicht, um die Zeiten der beiden täglichen Maxima und Minima des Barometerstandes kennen zu lernen. Hierfür zeugt das Ergebniss sehr zahlreicher und lange fortgesetzter Beobachtungen, welche man an vielen Orten der heissen Zone, als in Ceylon, Sierra Leona, St. Thomas, Jamaika,

Guyana und Brasilien anstellte. *) Auch sind zwischen den Tropen die täglichen periodischen Schwankungen des Barometerstandes am grössesten, in den mittleren Breiten geringer und in verschiedenen Jahreszeiten der Zeit nach etwas von einander abweichend; in den höchsten Breiten, die uns bekannt sind, nehmen sie aber so sehr ab, dass sie fast gar nicht mehr bemerkt werden können. Da sich nun diese Oscillationen des Barometerstandes genau an den täglichen Umschwung der Erde binden, und da das grösste der beiden Maxima Vormittags nach 9 Uhr eintritt **): so scheint unter allen Erklärungen, die man von diesen regelmässigen Schwankungen des Barometerstandes zu geben versucht hat, die Ansicht des Herrn v. Zach den Vorzug zu verdienen, der sie von einem Stoss der Athmosphäre gegen den Aether in der jährlichen Bewegung der Erde ableitete. ***) Alle Umstände harmoniren mit dieser Ansicht sehr gut. Die Erde muss, wenn man ihre fortschreitende Bewegung mit ihrer drehenden in Verbindung setzt, zwischen den Tropen den stärksten Stoss des Aethers gegen ihre Athmosphäre erfahren und zwar einige Zeit nach dem Aufgange der Sonne. In den mittleren Breiten muss dieser Druck weit geringere tägliche Verschiedenheiten des Barometerstandes veranlassen, aber in den verschiedenen Jahreszeiten muss wegen der Schiefe der Ekliptik und wegen der unveränderlichen Richtung der Erdaxe die Eintrittszeit der beiden täglichen Maxima und Minima etwas verschieden ausfallen. In den höchsten Breiten endlich müssen die täglichen periodischen Schwankungen des Barometerstandes

*) S. Fechner zu s. Uebersetzung der Experimental-Physik von Biot, erster Band, zweites Buch, im zweiten Schaltkapitel.

**) Das zweite Maximum ist etwas geringer als das erste und liegt demselben fast diametral gegenüber, wie die beiden Ebben und Fluthen des Meeres einander gegenüber liegen. Nach v. Humboldt tritt das erste Minimum des Barometerstandes unter der Linie 3 h, 476 ein, das erste Maximum Vormittags 9 h, 694; das zweite Minimum Nachm. 4 h, 586 und das zweite Maximum Abends 10 h, 588.

***) Fries, populäre Vorlesungen über die Sternkunde. Heidelberg 1813; achte Vorlesung S. 264.

fast ganz aufhören, und es werden mehr jährliche periodische Schwankungen des mittleren Barometerstandes eintreten. Mögen also vielleicht zu den regelmässigen Schwankungen des Barometerstandes auch noch einige andere Ursachen mitwirken, als: Erwärmung der Athmosphäre durch die Strahlen der Sonne, regelmässige Luftströmungen, periodische Schwankungen der Lufterlektricität und dergl. m., so scheint doch die Hauptursache dieser Erscheinungen immer in einem wirklichen Drucke des Aethers gegen die Athmosphäre unserer Erde zu liegen, und es wird sich hoffen lassen, durch fortgesetzte genauere Beobachtungen der täglichen Schwankungen des Barometerstandes in den verschiedensten Breiten und durch sorgfältige darauf basirte Rechnungen die wirklich vorhandene Dichtigkeit des den Himmelsraum erfüllenden Aethers und die Grösse seiner Widerstandskraft aufzufinden.

Noch andere Beweise für das Dasein eines materiellen Aethers lassen sich herleiten aus den fallenden Sternen, Feuerkugeln, Aërolithen u. s. w., die wir wohl nur als Sekretionen dieses alle Himmelsräume erfüllenden Stoffes anzusehen haben. Ebenso wie der Aether wegen seiner Widerstandskraft manche Theile der Athmosphären der Planeten bei den Bewegungen der letzteren losreissen kann, so wird er auch theils durch eigene Verdichtungen, die er von diesen einen grossen Raum einnehmenden Weltkörpern in ihrem raschen Fortschreiten erfährt, die abgerissenen Theile der Athmosphäre an anderen Orten wieder ersetzen müssen, theils die in ihn übergegangenen gröberen Theile von sich ausscheiden, die sich sofort im freien Himmelsraume durch gegenseitige Anziehung anfangen müssen zu verdichten und die später als Sekretionen des Aethers wieder auf die grösseren anziehenden Massen zurückfallen, wenn diese bei ihren folgenden Umläufen wieder in die schon früher durchlaufenen Gegenden ihres Sonnensystems zurückkehren.

Ganz leere Räume innerhalb des Universums physischer Welten lassen sich überhaupt gar nicht denken. Eine einzige Alles durchdringende und Alles erfüllende Schöpferkraft beherrscht den ganzen Weltenraum und macht aus den vorhan-

denen zahllosen Welten und Weltsystemen ein engverbundenes und unzertrennbares Ganze. Der Aether ist das feine elastische Medium, in welchem alle zahllosen Weltkörper schwimmen, durch welches sie sich gegenseitig von ihrem Dasein Kunde geben und auf einander wirken. Zur Elasticität gehören zwei einander entgegengesetzte Kräfte, Abstossung und Anziehung. Der Aether, weil er Undulationen und Vibrationen durch sich fortzupflanzen fähig ist, besteht also aus denselben beiden Urelementen, wie alle Weltkörper, nämlich aus einem elektrischen Grundstoffe, welcher mit abstossender Kraft begabt ist, und aus feinen anziehenden Atomen. Die grossen selbstleuchtenden Sonnen sind mit einer abstossenden elektrischen Photosphäre umgeben, durch welche sie ihr Licht und ihre Repulsivkräfte bis in die grössten Entfernungen nach aussen senden; in den gravitirenden Massen ist dagegen die Kraft der dunklen anziehenden Atome vorherrschend. Der Aether, durch welchen beide Urelemente in ihrer äussersten Feinheit und Gleichmässigkeit vertheilt sind, wobei natürlich das elektrische Element, als das mit den stärksten Kräften begabte, durch seine ausdehnsamen Wirkungen überwiegen muss, hat eben daher seine ungemeine Durchsichtigkeit, Elasticität und Beweglichkeit. Aber er ist noch immer allen Weltkörpern ohne Ausnahme verwandt; und wie überhaupt nur Ein Schöpfer des Universums denkbar ist, so giebt es auch ausser den beiden einander entgegengesetzten Grundstoffen der physischen Welt, deren Gegensatz zum Entstehen und Bestehen alles Lebens und aller Bewegung in derselben nothwendig ist und deren verschiedenartigsten Verhältnisse zu einander durch den Willen der Einen höchsten Vernunft, die sich niemals widersprechen kann, geordnet wurden, nichts Heterogenes. Durch die Herrschaft der höchsten schöpferischen Vernunft bildet sich aus dem nothwendigen Kampfe der Gegensätze wieder die höhere Einheit, und alle Theile des Universums ordnen sich zu einem lebensvollen, harmonischen Ganzen. Vermöge der Elasticität des allen Weltkörpern und allen körperlichen Stoffen anverwandten Aethers, welcher schon die beiden urnothwendigen Gegensätze in sich trägt, werden alle Wirkungen der selbstleuchtenden Sonnen

und die anziehenden Kräfte der sie umkreisenden gravitirenden Massen einander zugeführt. Der Aether kann den Photosphären der ersteren und den Athmosphären der letzteren bei ihren fortschreitenden und drehenden Bewegungen etwas nehmen und etwas wiedergeben; er ist das beste Bindemittel und zugleich der wahre Lebensodem für die Gesammtheit aller vorhandenen Weltsysteme. Durch seine Vermittelung sind alle Bewegungen der in ihm schwimmenden Weltkörper entstanden und er allein bietet die nöthige Garantie für die Erhaltung einer endlosen Gleichförmigkeit oder endlosen Periodicität der einmal entstandenen Bewegungen derselben. Da der Aether wegen seiner ausserordentlichen Ausdehnbarkeit und Beweglichkeit in einem noch weit höheren Grade das Streben nach einer möglichst gleichmässigen Vertheilung haben muss, als das Licht und alle anderen Gasarten, in welchen die beiden Urelemente immer noch nicht in ihre kleinsten Theile aufgelöst sind: so müssen auch alle in dem Aether noch vorhandenen ungleichen Mengen des einen oder des anderen Urelements sich von ihm aussondern. Hieraus erklären sich die Erscheinungen der Feuerkugeln, der Aërolithen u. s. w., so wie auch die von Capocci in Neapel am 11. Mai 1845 und später beobachteten zahllosen kleinen Körper, die vor der Sonnenscheibe vorübergingen. Solcher kleinen Körper, die sich aus dem reinen Aether des Himmels als gröbere Substanzen ausgeschieden haben und von welchen Arago und Capocci den Ursprung der Aërolithen und der Sternschnuppen herleiten, schwimmen gewiss unendlich viele in dem unermesslichen Weltenraume vereinzelt oder auch in ganzen Schaaren, um sich im Laufe der Zeit den grösseren anziehenden Massen anzuschliessen, oder auch, um als kleine für sich bestehende Körper eigene Bahnen zu verfolgen. Ausscheidungen des entgegengesetzten, elektrischen Urelements aus dem Aether des Himmels nehmen wir aber wohl wahr in dem Zodiakallichte, von welchem unsere Sonne am stärksten in der Richtung ihres Aequators umgeben ist, so wie in manchen kometarischen Erscheinungen. Wenigstens erklärt sich aus einer starken Ansammlung elektrischer Bestandtheile des Aethers am einfachsten

das auffallende Wachsen der Kometenschweife bei ihrer Annäherung zur Sonne und das spätere eben so starke Abnehmen derselben bei ihrem Hinwegeilen alsdann wieder dadurch, dass die früher ausgeschiedenen elektrischen Theile des Aethers allmählig in denselben zurückgehen. Die Schweife der Kometen sind nach unserer Ansicht nichts anderes, als ungeheure Tromben sehr feiner, stark mit Elektricität gefüllter Stoffe, die bei der Annäherung der Kometen an die Sonne durch Ansammlung immer grösserer Elektricitätsmengen in eine immer schnellere, drehende Bewegung gerathen, ähnlich wie die Windhosen und Wasserhosen auf unserer Erde, die ebenfalls von elektrischen Kräften ihren Ursprung nehmen und ihre drehende Bewegung erhalten. Auch hat man vielleicht bei manchen Nordlichtern und Südlichtern der Erde, wenn sie zuweilen in so ungewöhnlicher Höhe gehen, dass sie ihre elektrischen Lichtwürfe wohl noch über die Atmosphäre unserer Erde hinaussenden, ein Uebergehen der überflüssigen Elektricität unserer Atmosphäre in den Aether des Himmels anzuerkennen, die durch das Zodiakallicht wieder zur Sonne zurückgeht, von welcher sie ausgegangen war. So giebt es einen Alles umschlingenden Kreislauf des Lebens, der durch die Adern der ganzen Schöpfung hindurchgeht und aus ihnen nur anscheinend von einander getrennten Gliedern in einem vielleicht noch weit höheren Sinne, als man bisher geahnt haben dürfte, einen einzigen unzerreissbaren und wohlverbundenen Körper macht.

Möge man jedoch auch dasjenige, was hier zuletzt von dem Aether gesagt wurde, immerhin nur als Privatansicht ansehen, obgleich der neueste Entwicklungsgang der Naturwissenschaften uns mit Ueberzeugung zu dieser Ansicht hindrängt: so ist doch so viel gewiss, dass kein praktischer Naturforscher das Dasein eines den ganzen Himmelsraum erfüllenden Aethers mehr leugnen kann, wenn er nicht schon im Voraus durch entgegengesetzte Vorurtheile befangen ist. Wir bedürfen eines solchen Fluidums mit unbedingter Nothwendigkeit zur Erklärung des Zusammenhangs des Universums; wir werden auf seine Annahme geführt durch die Wirksamkeiten

des Lichtes und der anderen Dynamiden; es wurde seine wirklich vorhandene Widerstandskraft im Himmelsraum von einem der Heroen der neueren Astronomie sogar schon arithmetisch nachgewiesen, und es geben endlich so manche bemerkenswerthe Thatsachen von seiner Existenz und von seinen Wirkungen uns unmittelbare Kunde!

Zeigen nun dennoch so viele Physiker und Astronomen eine so grosse Abneigung gegen die Anerkennung eines den Himmelsraum erfüllenden Aethers oder doch wenigstens gegen die Einräumung einer Widerstandskraft desselben: so geschieht dies einzig und allein aus dem besonderen Interesse, dass man die von Newton überlieferten Fundamentallehren der physischen Astronomie gern für unverbesserlich halten möchte. Man hat sich einmal in Newtons Betrachtungsweise der Grundkräfte des Weltalls hineingelebt, und man wird daher suchen, diese so lange als möglich festzuhalten. Wird man erst einmal genöthigt sein, zuzugeben, dass alle Himmelskörper innerhalb eines materiellen Aethers sich bewegen, so folgt daraus unmittelbar, dass dieser Aether auch gegen ihre Bewegungen reagirt. Folglich können alsdann die Axendrehungen der Planeten, die unter allen uns bekannten Bewegungen den vollkommensten Isochronismus beobachten, nicht von blos momentanen Anstössen herrühren, und noch weniger können Newtons Ansichten über die Entstehung und gleichmässige Erhaltung der Umlaufsbewegungen aller Himmelskörper dann noch in aller Strenge haltbar sein.

Es ist also die Anerkennung eines materiellen, alle Himmelsräume erfüllenden Aethers für die neuere Astronomie von der höchsten Wichtigkeit, und hiervon wird es einem grossen Theile nach für viele der heutigen Astronomen abhängen, ob sie sich endlich davon überzeugen werden, dass ihre Wissenschaft sich von Neuem in die Nothwendigkeit versetzt sieht, über den von Newton und seinen Anhängern zuletzt eingenommenen Standpunkt wieder hinauszugehen und denselben abermals mit einem höheren, vollkommneren zu vertauschen.

In dieser Nothwendigkeit befinden wir uns jedoch unabweisbar; denn dass auch die Rotationen der Planeten eben so

wie die der Monde keine ganz einfachen isochronen Bewegungen sein können, ist, wie wir gezeigt haben, schon durch die anderweitigen Lehren der Physiker und Meteorologen sattsam erwiesen; weil, wenn auch der Aether nicht existirte, alle von einer eigenen Athmosphäre umgebenen Planeten schon durch diese allein eine stetige Verzögerung ihrer Axendrehungen erfahren müssten. Nun kommt die Existenz eines materiellen Aethers auch noch hinzu, die nach einer sorgfältigen Combination aller für dieselbe sprechenden Gründe nicht wohl mehr zu bestreiten ist. Folglich treten zwei stetig verzögernde Kräfte gegen die gleichmässige Fortdauer der Rotationen der Planeten auf, und wir müssen uns also auch nach einer fortwährend beschleunigenden Kraft umsehen, die bei den vorhandenen Rotationsgeschwindigkeiten der Planeten den stetig zu erleidenden Verlust so stetig wieder zu ersetzen vermag, um den völlig isochronen Charakter dieser nicht einfachen, sondern zusammengesetzten Bewegungen erklärlich zu finden. Dass diese stetig beschleunigende Kraft in einer von der Sonne ausgehenden Repulsion liege, die mit den Attraktionen der Planeten in einen nothwendigen und niemals endenden Kampf eintreten musste, hat Verfasser in seiner „Neuen Theorie der Mechanik des Himmels“ zu zeigen gesucht.

6. Von den Revolutionen der Planeten, Monde und Kometen.

Die fortschreitenden Bewegungen aller Himmelskörper zeigen zwar wegen der Eklipticität ihrer Bahnen durchweg keinen Isochronismus der Geschwindigkeiten, und wollten wir also nur den historischen Verlauf dieser Bewegungen im Auge behalten, ohne auf ihre physischen Ursachen zurückzugehen, so hätten wir sie gar nicht in eine Kritik der isochronen Bewegungen hineinzuziehen. Doch die neuere Astronomie leitet den Ursprung aller fortschreitenden Bewegungen der Himmelskörper ganz eben so wie den Ursprung der Axendrehungen von willkürlich erdachten Ursachen her, die nur einmal stattgefunden haben sollen,

deren Wiederholung nun aber, nachdem die Bewegungen einmal da seien, niemals wieder nöthig sei. Ohne dass man im Stande ist, eine Berechtigung zu dieser Annahme aus höheren Vernunftgründen nachzuweisen, setzt man nämlich geradehin voraus, dass alle Planeten, Monde, Kometen und sonstigen Weltkörper, die eine bestimmte Bahn verfolgen, zuerst von aussen her einen Stoss erhalten haben müssen. Die Folgen dieses nur einmal nöthig gewordenen Stosses sollen an sich endlos und vollkommen gleichförmig sein, und hiermit verbindet man alsdann als zweiten Faktor, um die effektiven Bahnen aller Himmelskörper erklärlich zu machen, eine allgemeine gegenseitige Gravitation derselben, deren Wirkungen im geraden Verhältnisse ihrer anziehenden Massen und im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von einander Statt finden. Diese letzte Kraft ist stetig und absolut, d. h. sie wirkt unausgesetzt, und zwar eben sowohl auf bereits bewegte Körper als auf ruhende.

Allerdings lehren uns die astronomischen Rechnungen, dass aus diesen Voraussetzungen, von welchen man jetzt in der physischen Astronomie ausgeht, alle Bahnen der Himmelskörper mit bewunderungswürdiger Genauigkeit und Uebereinstimmung hergeleitet werden können, so weit uns dieselben aus wirklichen Beobachtungen bekannt sind. Aber leider ist es nach dem wirklich vorhandenen Charakter des in allen seinen Erscheinungen unzertrennbaren Universums physisch unmöglich, dass ein momentaner Anstoss endlose Bewegungen verursachen könne, und zweitens ist eine solche Theorie auch schon philosophisch nicht haltbar. Wir haben diese Theorie nur als eine glückliche Vereinfachung mathematischer Demonstrationen und astronomischer Rechnungen, nicht aber als eine vollgültige und schon ganz genügende Erklärung der vorliegenden Thatsachen anzusehen.

Dass die astronomischen Rechnungen, welche sich auf Newtons Principien stützen, so ungemein genau mit den Ergebnissen der beobachtenden Astronomie übereinstimmen, muss uns zwar auf alle Fälle so viel beweisen, dass wir sehr unrecht thun würden, wenn wir jemals den von Newton eingeschlagenen

Weg ganz wieder verlassen wollten. Es ist längst über allen Zweifel gewiss und bedarf für unsere Zeit gar keines Beweises mehr, dass die eine der beiden Triebkräfte der gesammten physischen Welt die Kraft der Gravitation sei, durch deren Entdeckung und Berechnung sich Newton ein so unsterbliches Verdienst erworben hat, ein Verdienst, welches auch die entfernteste Nachwelt diesem grossen Manne niemals wieder wird schmälern können. Durch unwiderlegbare mathematische Beweise der Mitwirkung dieser Kraft bei den fortschreitenden Bewegungen der Himmelskörper legte Newton den ersten gesicherten Grundstein zu einer physischen Astronomie, von welcher vor ihm noch gar nicht die Rede sein konnte. Doch welches ist die zweite Triebkraft des Universums, da die Gravitation für sich allein zur Erklärung jener Bewegungen noch nicht ausreicht? Ueber diese giebt uns Newton noch nichts Genügendes, und auch die bewunderndste Anerkennung seiner grossen Leistungen überhebt uns noch nicht der Nothwendigkeit, über die eigentliche Beschaffenheit der zweiten Triebkraft, welche den Bewegungen der einzelnen Theile des Weltganzen zum Grunde liegen muss, noch weiter nachzuforschen.

Bis jetzt sind die Fundamentallehren der physischen Astronomie noch auf keine Weise so weit vervollständigt, dass sie keiner wesentlichen Verbesserung und nothwendigen Ergänzung mehr bedürfen sollten; denn es ist erstens nach dem effektiven Charakter des in allen seinen Erscheinungen unzertrennbaren Universums physisch unmöglich, dass ein momentaner Anstoss endlose Bewegungen verursachen kann. Sind die Wellenbewegungen des Wassers, die Schwingungen des Schalls, die Vibrationen des Lichtes und alle anderen undulirenden Bewegungen, die von irgend einem noch so dichten oder noch so feinen Medium weiter getragen werden, von abnehmender Geschwindigkeit, wie vielmehr müssen nicht die fortschreitenden Bewegungen solcher Körper, die einen grossen Raum einnehmen, stetig verzögert werden, so dass ein baldiger Sturz aller angezogenen revolvirenden Körper auf die anziehenden Centralkörper unvermeidlich werden müsste, wenn nicht eine stetig

wirksame Gegenkraft der Natur diesen Sturz absolut unmöglich machte? Bei den blos undulirenden Bewegungen werden keine Körper in die Ferne gesendet, welche die Media, durch die ihre Bewegung hindurchgeht, immer erst aus dem Wege räumen müssten, um für sich selbst Raum zu gewinnen. Diese Media gerathen vielmehr bloss in ein gewisses Schwanken und Zittern, welches mit ungemeiner Präcision sich weiter fortpflanzt, und man könnte die charakteristischen Geschwindigkeiten, mit welchen jene Bewegungen weiter eilen, sogar als eine dem Medium selbst inwohnende Kraft oder als eine ihnen natürliche Thätigkeit ansehen, die nur eines ersten Anstosses bedarf, um sich weiter fortzusetzen. Diese Betrachtungsweise könnte wenigstens das für sich anführen, dass die Grade der Geschwindigkeiten, mit welchen gewisse undulirende Bewegungen, wie z. B. der Schall, sich weiter fortpflanzen, durch die undulirenden Mittel selbst bestimmt werden. Und dennoch sind alle diese Bewegungen weder endlos noch gleichförmig! Alle undulirenden Bewegungen gehen unvermeidlich ihrem Ruhepunkte entgegen, und wir haben sie als stetig verzögerte Bewegungen anzuerkennen. Nach allen physischen Bedingungen des den endlosen Himmelsraum erfüllenden Universums müssen jedoch die Bewegungen räumlicher Körper in einem noch weit höheren Grade stetig verzögert werden! Licht und Schwerkraft durchdringen alle Räume des Himmels. In allen Räumen des Himmels ist also ein materielles, elastisches Fluidum enthalten, welches den ausgesendeten Wirkungen jener Kräfte zum nothwendigen Vehikel dient, und es dürfte auch aus anderen Gründen, wie schon im vorigen Abschnitte gesagt wurde, bald ganz unmöglich werden, das Dasein eines alle Regionen der Sternenwelt erfüllenden Aethers noch länger in Frage zu stellen. Wie wird es aber alsdann mit der Haltbarkeit einer Theorie aussehen, welche für die fortschreitenden Bewegungen aller Himmelskörper keinen anderen Ursprung anzugeben vermag, als einen momentanen Anstoss? Sämmtliche Planeten, Monde und Kometen, welche durch die sogenannten freien Räume des Himmels weiter eilen, um die ihnen angewiesenen Bahnen zu

verfolgen, finden an dem materiellen Aether, den sie durchschneiden müssen, einen Widerstand, den sie mit einem stetigen Aufwande von Kraft erst besiegen müssen. Werden nun ihre fortschreitenden Bewegungen dennoch von einer sich stets gleich bleibenden Periodicität der Geschwindigkeiten gefunden, so können diese Bewegungen auch nur aus einer noch jetzt wirksamen, lebendigen Grundkraft der Natur, nicht aber aus den nothwendig hinsterbenden Folgen eines momentanen Anstosses, erklärt werden. Wie aber aus einer abstossenden Kraft der selbstleuchtenden Sonne, die mit den Attraktionen aller sie mittelbar oder unmittelbar umkreisenden dunklen Körper in einen unausgesetzten Konflikt treten musste, sich die revolvirenden Bewegungen aller Planeten, Monde und Kometen mit physischer Nothwendigkeit, oder, wie man zu sagen pflegt, ganz von selbst entwickeln und ungeachtet aller Reaktionen eines materiellen Aethers sich zu einer endlos gleichförmigen Periodicität der Geschwindigkeiten ausbilden mussten, hat Referent in seiner „Neuen Theorie der Mechanik des Himmels“ zu zeigen gesucht.

Hierzu kommt zweitens, dass die Principien der physischen Astronomie, wie wir sie jetzt immer noch vernehmen müssen, auch selbst philosophisch nicht einmal haltbar sind. Mögen also die Anhänger einer allgemeinen und alleinigen Gravitation, um dadurch vermeintlich alle Einwürfe gegen die ihnen liebgewordene Theorie einer Tangentialkraft aller revolvirenden Körper ein für allemal abzuschneiden, auch selbst das Dasein eines Himmelsäthers geradezu bestreiten, oder, wenn sie dies nicht mehr können, wenigstens zu erweisen suchen, dass seine Widerstandskraft zu gering sei, um die festen gravitirenden Massen in ihren fortschreitenden Bewegungen zu verzögern, so werden sie immer noch nicht die Unhaltbarkeit ihrer Theorie gänzlich verdecken können. Die Principien der physischen Astronomie, wie man sie seit Newton unverändert zu überliefern sucht, sind und bleiben, auch ganz abgesehen von der Existenz oder Nichtexistenz eines alle Himmelsräume erfüllenden Aethers unphilosophisch, und werden daher den höher gesteigerten

Anforderungen der Wissenschaft nicht lange mehr genügen können. In dem gesammten All der physischen Welten müssen die allbelebenden und allbewegenden Urkräfte, von welchen die Bewegungen aller einzelnen Theile uranfänglich ausgingen und noch jetzt fortwährend geregelt werden, einander in jeder Beziehung gleichwerthig oder coordinirt sein; dies ist ein so durchaus nothwendiges Postulat der reinen und praktischen Vernunft, dass sich kein Einwand dagegen machen lässt! Aber sind nun etwa ein momentaner Anstoss und die Kraft der Gravitation einander gleichwerthig? Wie kann die Tangentialkraft als todte Folge einer im Augenblicke des Entstehens schon wieder hingestorbenen Stosskraft jemals einer lebendigen Urkraft der Natur als coordinirt zur Seite gestellt werden, d. h. einer Kraft, die einen unerschöpflichen Reichthum immer neuer Wirkungen in endloser Folge allseitig aussendet? Da ist kein Parallelismus der Glieder, keine vernünftige Coordination, keine absolute Zusammengehörigkeit, keine unbedingte Nothwendigkeit eines endlosen Kampfes entgegenstehender Kräfte bemerkbar, deren einmaliger Konflikt mit einander die Gewissheit einer beständigen Fortdauer schon in sich selbst trägt mit einer unmittelbaren Nothwendigkeit, die selbst über jeden Kreis von Erfahrungen und über alle Berechnungen des Verstandes weit hinausliegt. Und Das ist es, was von den beiden Grundkräften der Natur gefordert werden muss, da sie nur das Erzeugniss einer einzigen, ihrem innersten Wesen nach vollkommenen Urvernunft sein kann, von welcher wir auch unsere Vernunft nur als einen Ausfluss zu betrachten haben. Sollen die Naturwissenschaften aus dem Grunde, weil sie erst ganz allmählig aus vielen gesammelten Erfahrungen sich zu wirklichen Wissenschaften erheben müssen, nicht auch in ihrem ganzen Umfange endlich einer philosophischen Behandlung fähig werden? Sollen nicht die einzelnen Zweige der Naturforschung sich zu einer Gesamtwissenschaft der Natur heranbilden, in welcher alle wissenschaftlichen Erklärungsversuche der beobachteten Phänomene unter sich in einem logischen Zusammenhange stehen und in letzter Instanz auf dieselben

Grundkräfte der Natur zurückweisen? Und dürfen namentlich in der Astronomie die Fundamentalsätze, von welchen sie ausgeht, noch länger eine bloß willkürliche Zusammenstellung von Voraussetzungen bleiben, deren eine niemals zu erweisen ist, niemals vorstellbar gemacht werden kann und sogar mit dem Grundcharakter des gesamten Universums in Widerspruch steht?

Die Fundamentalsätze der physischen Astronomie, wie wir sie jetzt vorfinden, sind unphilosophisch; denn sie reißen die Astronomie von der ihr nothwendigen engen Verbindung mit den ihr zunächst verwandten physikalischen Wissenschaften los, welche uns zwei einander ganz entgegengesetzte, noch jetzt wirksame und einander in Wahrheit gleichwerthige Kräfte kennen lehren, die beide den Namen von Centrakräften und von lebendigen Urkräften in gleichem Maasse verdienen, nämlich die Kraft der Anziehung und die der Abstossung. Die physische Astronomie dagegen will nur etwas wissen von einer noch jetzt wirksamen Gravitation und stellt derselben als zweite Centrakraft nur eine solche Kraft zur Seite, die auch nicht eine Spur von den Eigenschaften hat, welche einer wirklichen Centrakraft zukommen.

Die Fundamentalsätze der physischen Astronomie sind eben so unphilosophisch, als wenn Jemand behaupten wollte, ein Perpetuum mobile bedürfe erst eines Anstosses, um aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung überzugehen; gleich als ob es nicht zum Begriffe eines Perpetuum mobile gehörte, dass es schon durch die eigenen in ihm wirksamen Kräfte sich selbst die ihm nothwendigen Bewegungen geben muss! Das ganze Universum der physischen Welten ist aber selbst nach den Behauptungen der Anhänger einer allgemeinen und alleinigen Gravitation das vollkommenste Perpetuum mobile. Hat jedoch das Universum nach seiner jetzigen Beschaffenheit die Eigenschaften eines Perpetuum mobile, so müssen auch die Bewegungen seiner einzelnen Theile schon aus den blossen Wirkungen der diesen Theilen anerschaffenen und ihnen fortwährend inhärirenden Kräfte zu erklären sein.

Die Fundamentalsätze der physischen Astronomie nach ihrer

bisherigen Fassung sind aus philosophischen Gründen noch immer nicht genügend; denn nur deswegen gab man ja der Newton'schen Theorie der Bewegungen der Himmelskörper den Namen der physischen Astronomie, weil er diese Bewegungen nicht aus inhaltsleeren Hypothesen, nicht aus metaphysischen Spekulationen, auch nicht aus bloss mathematischen Gesetzen ohne deren wissenschaftlich erkannte Gründe, sondern aus der Schwere, als einer allbekannten Naturkraft, herleitete. Hierdurch brachte er zuerst die Erscheinungen des Himmels mit vielen natürlichen Thatsachen auf unserer Erde in einen unmittelbaren Zusammenhang; dadurch gab er den wichtigen Kepler'schen Gesetzen erst das volle Leben und das richtige Verständniss, welches ihnen bis dahin gefehlt hatte, und wies auch an dem Universum der Sternenwelt, deren Erscheinungen früher allen menschlichen Erfahrungen viel zu fern lagen, die Wirkungen einer Kraft nach, welche auch selbst diese Erscheinungen in den Kreis der menschlichen Erfahrungen herabzog. Dennoch aber müssen wir aus philosophischen Gründen erklären, dass Newton den nothwendigen Erfordernissen einer eigentlich physischen Astronomie noch immer nicht vollständig genügt hat. Denn was ist doch die von ihm ersonnene Tangentialkraft, welche eine sehr fühlbare Lücke seiner Theorie auszufüllen bestimmt ist? Sind wir über diese Kraft von der Erfahrung jemals belehrt worden, oder werden wir es jemals werden? Lässt uns diese Kraft nicht immer noch im Ungewissen? Wissen wir, ob eine Tangentialkraft in der Weise, wie Newton und seine Anhänger dieselbe anzunehmen sich gezwungen sahen, irgendwo in der Natur wirklich vorkommt, oder ob sie höchstens nur in den gelehrten Compendien der Herren Theoretiker ihr Spiel treibt? Man glaube doch ja nicht, dass eine eigentlich physische Astronomie in ihren wissenschaftlichen Principien schon früher vollendet sei, bevor wir nicht alle Bewegungen der Himmelskörper aus uns wirklich bekannten physischen Kräften herleiten können, oder aus solchen Kräften, die in allen Beziehungen Gegenstand sorgfältiger Prüfungen und Erfahrungen werden können. Anziehende und abstossende

Kräfte kennen wir und wissen zugleich aus Erfahrung, dass beide dieselben Gesetze der Abnahme bei ihren allseitig ausgesendeten Wirkungen befolgen. Was aber eine Tangentialkraft, wie sie die jetzigen Theoretiker in der Astronomie gebrauchen, eigentlich für eine Kraft sei, wissen wir nicht; denn sie wird ewig ausserhalb des Kreises unserer Erfahrungen liegen. Man verwechsle nämlich mit dieser willkürlich ersonnenen Kraft doch nicht die sogenannte Centrifugalkraft oder Circumfugalkraft eines an einem Faden im Kreise herumgeschleuderten Steines, wobei eines Theils der physische Ursprung der Bewegung uns bekannt ist, anderen Theils aber an eine vollkommen gleichförmige und endlose Fortsetzung der einmal gewonnenen Geschwindigkeiten gar nicht gedacht wird, sobald der Stein seine Freiheit gewinnt; allein in diesen beiden genannten Umständen liegt eben das physisch Unerweisbare, weshalb wir die Tangentialkraft Newtons gar nicht als eine physische Kraft zu erkennen vermögen. Haben wir also bei der unberechtigten Annahme einer solchen Kraft nun in der That eine physische Astronomie, oder haben wir sie nicht? Wir haben auf dem Standpunkte Newtons und seiner Anhänger eine eigentlich physische Astronomie erst zur Hälfte begründet, wird jeder Unbefangene antworten.

Dass mit Hülfe einer angeblichen Tangentialkraft alle Umlaufbahnen der Himmelskörper aus den Gesetzen der Gravitation sich vollständig demonstrieren lassen, ist noch kein Beweis, dass eine Tangentialkraft wirklich existire. Diese von Newton angenommene Kraft ist im Grunde nichts anderes, als die resultirende Mittelkraft aus zwei einander entgegengesetzten Centralkräften, und wir haben bei der mathematischen Demonstration aller Umlaufbahnen jene Tangenten, welche in allen Punkten der Bahnen die jedesmalige Richtung der Mittelkraft angeben, nur als sehr veranschaulichende Hülfslinien anzusehen, welche die mathematische Demonstration sehr erleichtern müssen. Hülfslinien dieser Art sind ja bei vielen mathematischen Demonstrationen gebräuchlich, ganz besonders in der höheren Mathematik; aber wenn man dasjenige, was man demonstrieren will, bewiesen

hat, so lässt man später die Hülfslinien wieder fallen. Ganz ähnlich macht man es ja schon in der Lehre vom Kreise. Wer wollte wohl aus dem Grunde, weil man den Satz, dass alle Radien eines Kreises auf seiner Peripherie senkrecht stehen, mit Hülfe von Kreistangenten beweist, diese Kreistangenten jemals mit der Peripherie selbst verwechseln? Oder wer wollte deshalb, weil Ludolph van Ceulen das Verhältniss der Peripherie zum Durchmesser des Kreises durch sehr mühsame Berechnungen sehr vielseitiger, in und ausser dem Kreise gezogener, Polygone auffand, den Kreis für ein wirkliches Polygon halten? Nun, eben so wenig als man dies kann, ist auch aus den Newton'schen Demonstrationen aller Umlaufsbahnen der Planeten, Monde und Kometen die wirkliche Existenz einer physischen Tangentialkraft zu erweisen, und zwar einer solchen, die, an und für sich betrachtet, gleichförmig und endlos ist.

Eben so glaube man auch nicht, dass das Nichtvorhandensein eines materiellen Aethers oder doch das Nichtvorhandensein einer Widerstandskraft desselben gegen die fortschreitenden Bewegungen grosser fester Himmelskörper in den freien Räumen des Himmels erwiesen sei, weil die von den Astronomen angenommenen Folgen primitiver Anstösse im Laufe der Zeit sich nicht verminderten. Denn mit demselben und noch weit grösserem Rechte lässt sich hier die Folge der Schlüsse umkehren, so dass man vielmehr sagen muss: eben weil die fortschreitende Bewegung der Himmelskörper bei ihren Umläufen gar keine Verminderung der periodischen Geschwindigkeiten zeigt, so kann diese Bewegung nicht die blosse historische Folge einer längst vergangenen Stosskraft sein, deren Wirkungen nach allen Bedingungen der gesamten physischen Welt sich stetig verringern müssten; sondern wir dürfen die Tangentialbewegung aller revolvirenden Körper nur als die kontinuierliche Wirkung zweier einander gleichwerthiger lebendiger Grundkräfte des Universums ansehen. Die Theorie primitiver Anstösse, welche alle revolvirenden und rotirenden Weltkörper im Anfange ihrer Bildung erhalten haben sollen, wie dies Newton annahm, weisen wir also ganz ent-

schieden als unverträglich mit dem Charakter der physischen Weltordnung zurück: weil wir ausser dieser einen ganz willkürlichen und durchaus unbegründeten Voraussetzung auch nicht einen einzigen Fall kennen, in welchem endlose Bewegungen in der Natur in Folge eines einfachen Stosses entstehen könnten! Den revolvirenden Körpern selbst aber mit manchen späteren Anhängern Newtons noch überdies eine ihnen eigenthümliche und bleibende Tangentialkraft, oder auch wohl Centrifugalkraft, zuzuschreiben, erscheint uns noch weit weniger zulässig: weil uns keine solche physische Kraft bekannt ist; weil eine vermeintliche Kraft dieser Art unseren Erfahrungen für immer unzugänglich bleiben muss, und weil wir also mit ihrer Annahme gar nichts erklärt haben, sondern im Gegentheil schon wieder ganz aus dem Kreise einer eigentlich physischen Astronomie heraus und in das Gebiet einer spekulativen Astronomie übergehen. Der grösste Vorzug einer physischen Astronomie muss eben darin bestehen, dass allen ihren Wahrheiten in der ersten Instanz unsere eigenen Erfahrungen zum Grunde gelegt werden können.

Jetzt sind wir mit unserer Widerlegung der einfachen isochronen Bewegungen zu Ende und glauben nun zur Genüge dargethan zu haben, dass alle mit diesem Namen bezeichneten Bewegungen in der Natur nicht nur bis jetzt unerwiesen sind, sondern auch für immer unerweislich bleiben müssen. Hierauf aber wendet sich der Schreiber Dieses an die Herren Astronomen vom Fache, so wie an alle selbstdenkenden Freunde der Naturwissenschaften mit der dringenden Bitte, die von ihm dargebotene Neue Theorie der Mechanik des Himmels und den Inhalt der vorliegenden Blätter recht sorgfältig und unbefangen zu prüfen. Die hier angeregten Streitfragen sind ganz vorzüglich für die Astronomie, aber auch für viele andere Zweige der Naturforschung von der grössten Wichtigkeit. Es handelt sich zunächst um nichts Geringeres als darum, den Principien der physischen Astronomie, die von Newton gegründet, aber noch unvollendet zurückgelassen wurden, nun endlich die nach

dem jetzigen Stande der übrigen ihr verwandten Naturwissenschaften und nach den immer höher gesteigerten wissenschaftlichen Anforderungen unserer Zeit wieder nöthig gewordene Ergänzung und höhere Vollendung zu geben. Referent fühlt allerdings nur zu wohl, dass er selbst für ein solches Unternehmen viel zu schwach ist; doch — *ut desint vires, tamen est laudanda voluntas!* Was er selbst nicht zu leisten vermag, dazu möchte er gern Andere anregen. Möchten diese Blätter besonders unter den Astronomen und Naturforschern deutscher Nation die allgemeinste Aufmerksamkeit auf diejenigen Punkte hinlenken, welche im Gebiete der Naturlehre binnen Kurzem unzweifelhaft die Cardinalpunkte für alle tieferen Forschungen werden müssen, und von welchen sich bald ein ganz neues Licht über eine Menge sehr nahe damit zusammenhängender Naturwahrheiten verbreiten wird. Möchte sich vorzüglich deutsche Gründlichkeit und wissenschaftliche Gedicgenheit den Ruhm erwerben, an die Principien der Astronomie, deren erhabenen Inhalt Newton's unvergleichliches Genie siegreich in den Kreis der physischen Wissenschaften herabzog, nun noch die letzte vollendende Hand anzulegen, um dieses oberste Glied der physikalischen Wissenschaften erst ganz mit der übrigen Kette verwandter Wissenschaften in den vollen und nothwendigen Einklang zu bringen, und sie zugleich einer philosophischen Behandlung fähig zu machen. Möchten deutsche Astronomen vom Fache, die mit allen dazu nöthigen Kräften ausgerüstet sind, die hier wieder zu erringende Palme sich nicht durch eine fremde Nationalität entreissen lassen!

Es ist nicht etwa ein Rückschritt, den die Astronomie wieder thun müsste, wenn sie sich bestrebt, über den Standpunkt eines Newton aufs Neue wieder hinauszugehen, wie noch erst ganz vor Kurzem ein grosser Astronom unserer Zeit jede künftige Abweichung von der allerstrengsten und consequentesten Fassung der Newton'schen Principien als einen Rückschritt bezeichnen wollte. Die Astronomie kann, was den ferneren historischen Gang ihrer wissenschaftlichen Bedeutsamkeit nach Form und Inhalt betrifft, keine Rückschritte mehr thun,

und jeder Versuch, ihre wissenschaftliche Fortbildung aufzuhalten oder dieselbe in einen ihr fremdartigen Kanal hineinzuleiten, würde an dem gesunden Menschenverstand und an der philosophischen Bildung unserer Zeit scheitern müssen. Seit Kopernikus, Kepler und Newton hat diese Wissenschaft einen zu festen und sicheren Boden gewonnen; denn sie ruht jetzt auf der Grundlage gesicherter Erfahrungen und unumstößlicher mathematischer Wahrheiten!

Nachdem Kopernikus zuerst die vor ihm unerklärlichen Unregelmässigkeiten in den Bewegungen der Himmelskörper durch Einreihung der Erde in die Zahl der übrigen revolvirenden und rotirenden Planeten nach den allereinfachsten Gesetzen der Perspektive aufgeklärt und anschaulich gemacht hatte, gab Kepler dem noch viel bestrittenen Systeme desselben durch Auffindung der drei wichtigen von ihm entdeckten Gesetze eine noch weit höhere wissenschaftliche Fortbildung und erst die mathematische Gewissheit. Newton ging wieder einen Schritt weiter. Er bestrebte sich, für die nach den Kepler'schen Gesetzen nun schon weit genauer bekannten Bewegungen der Planeten und ihrer Monde jetzt auch die physischen Gründe aufzufinden, und es gelang ihm, die Mitwirkung der Schwere, als der uns allbekanntesten Naturkraft, in den Bewegungen der Planeten, Monde und Kometen nachzuweisen; es gelang ihm, aus einer Mitwirkung dieser Kraft alle Bahnen der Himmelskörper selbst mit ihren unregelmässigen Abweichungen herzuleiten und zugleich wiederum ganz neue bis dahin ungeahnte Naturwahrheiten dem menschlichen Forschungsgeiste zugänglich zu machen. Nach Newton wagte die Astronomie einen immer höheren und kühneren Flug. Sie erweiterte theils die Grenzen ihres Gesichtskreises durch immer mehr vervollkommnete Beobachtungsmittel, theils aber auch durch immer ausgedehntere Anwendung der Kepler'schen Gesetze und der Newton'schen Gravitationstheorie, die sich überall auf das Schönste bewährten und zu immer neuen und lichtvolleren Aufschlüssen hinführten.

Allein auch die anderen, der Astronomie verwandten, Naturwissenschaften schritten gleichzeitig weiter fort und mehrere

von ihnen nahmen später einen ganz anderen Standpunkt ein, als sie zu Newtons Zeiten gehabt hatten. In der Chemie und Physik eröffneten sich ebenfalls ganz neue Gesichtsfelder, und eine Theorie verdrängte die andere, bis endlich immer mehr die Nothwendigkeit sich aufdrängen musste, die einzelnen Zweige der Naturforschung aus ihrer früheren Isolirung herauszureissen und in höchster Instanz alle Naturwissenschaften zu einer einzigen Wissenschaft zu vereinigen. Man entdeckte in vielen natürlichen Erscheinungen einen Dualismus von Kräften, auch wo man früher nur an einfache Kräfte gedacht hatte, und erkannte endlich, dass bei allen physischen Thätigkeiten ohne Ausnahme, welche unseren Beobachtungen zugänglich geworden sind, zwei ganz entgegengesetzte Kräfte, die Anziehung und die Abstossung, einander gegenüberstehen, und dass nach den Zeugnissen der sorgfältigsten und gesichertsten Erfahrungen für alle abstossenden Kräfte ganz genau dieselben Gesetze der Abnahme stattfinden, wie für die anziehenden. Nur die Nachfolger Newtons schienen es nicht zu bemerken, dass die physische Astronomie endlich mit ihrer allgemeinen und alleinigen Gravitation ganz isolirt unter allen anderen physikalischen Wissenschaften dastand; sie schienen es nicht zu bemerken, dass die immer höher gesteigerten philosophischen Anforderungen der Zeit den physischen Boden der Astronomie unter ihrem einen Fusse immer mehr unterwühlten, so dass es endlich für sie nöthig werden müsste, nun auch den zweiten Fuss auf einen wirklich physischen Boden, d. h. auf einen der Erfahrung vollkommen zugänglichen, hinzustellen. Und dies ist das Einzige, was durch die „Neue Theorie der Mechanik des Himmels,“ die der Verfasser einer allgemeinen Prüfung vorzulegen wünscht, zunächst geschehen sollte.

Steht aber die Astronomie nur erst ganz auf physischem Grund und Boden, so wird es nicht schwer sein, wieder ganz neue und weit tiefere Blicke als bisher in das innere Getriebe des physischen Weltalls zu thun. An die hier empfohlene Theorie werden sich binnen Kurzem die wichtigsten Aufschlüsse anreihen. Durch sie wird der Streit zwischen der Undulations-

und Vibrationstheorie des Lichtes, der Streit zwischen den Theorien der Unitarier und der Dualisten in der Lehre von der Elektrizität, der Streit über die Art der Verwandtschaft und die Art der Verschiedenheit der elektrischen, magnetischen, galvanischen und galvanoelektrischen Erscheinungen und über vieles Andere, sehr nahe damit Zusammenhängende auf das Genügendste entschieden werden. Durch diese Theorie gewinnen wir ganz neue Ansichten über die physischen Grundverschiedenheiten der Sonne, der Planeten, der Monde und der Kometen und über die Nothwendigkeit, mit welcher aus den abweichenden physischen Beschaffenheiten dieser vier Hauptarten der himmlischen Körper auch die verschiedenen Formen und Richtungen ihrer Bahnen entstehen mussten und fortwährend geregelt werden. Durch diese Theorie wird es uns im Laufe der Zeit möglich werden, die Rotationsgeschwindigkeiten aller Planeten nach mathematischen Formeln im Voraus zu bestimmen, und sie giebt uns schon in ihren ersten Grundzügen über die Unmöglichkeit ganz freier Rotationen der Nebenplaneten die allerbestimmtesten Aufschlüsse. Durch diese Theorie werden wir sogar mit Nothwendigkeit darauf hingeführt, unsere geistigen Blicke in die inneren Tiefen der Erde und aller Planeten und Monde zu versenken und über ihre innere Struktur Aufschlüsse zu geben, die man bisher vergeblich zu finden suchte. Durch diese Theorie werden wir dahin gelangen, dereinst die wirkliche Dichtigkeit des Aethers, welcher die freien Himmelsräume ausfüllt, und in welchem die Sonne, die Planeten, die Monde und die Kometen schwimmen, in ganz bestimmter Zahlengrösse anzugeben. Durch diese Theorie erhalten wir endlich die allererhabensten Ansichten über den unauflöselichen Zusammenhang des gesamten physischen Universums, welches wir wegen der rein vernünftigen Anordnung und unverlierbaren Harmonie seiner Theile und aller ihrer Bewegungen als ein unzweifelhaftes Produkt der höchsten Weisheit eines über alle unsere Begriffe vollkommenen Schöpfers bewundern müssen.

Die Astronomie hat um so mehr Ursache, sich ohne alle Befürchtung, dass sie selbst einen Rückschritt machen werde,

den neuesten Fortschritten aller mit ihr verwandten Wissenschaften anzuschliessen, als ja die zweite der Gravitation beizuordnende Grundkraft in jeder Rücksicht derselben coordinirt ist. Die Repulsion, welche wir, neben der Gravitation aller dunklen anziehenden Massen, der Sonne und allen selbstleuchtenden Fixsternen vindiciren müssen, befolgt genau dasselbe Gesetz der Abnahme, wie diese, und folglich wird auch nicht eine einzige Zahlengrösse umgestossen oder auch nur im Mindesten verändert, die man bisher nach den Kepler'schen und Newton'schen Grundsätzen gefunden hatte. Die sämmtlichen Entfernungen der uns bekannten Himmelskörper von einander und die ganze Gestalt und Lage ihrer Umlaufsbahnen mit allen Eigenthümlichkeiten, selbst bis in die kleinsten Einzelheiten der Perturbationslehre hinein, bleiben durch die hier vorgeschlagene Vervollständigung und wissenschaftliche Vollendung der Newton'schen Principien unverändert. Es sollen nur unsere Ansichten über die wirkliche Beschaffenheit der Grundkräfte der physischen Welt berichtigt und zugleich wieder ganz neue und höhere Aufschlüsse über noch streitige Naturwahrheiten gegeben, so wie zugleich viele andere, bisher noch unbekannt gewesene Gesichtsfelder den ferneren Forschungen der Astronomen und Physiker zugänglich gemacht werden! Eben so wenig also, als Keplers Gesetze, welche die Irrthümer des Kopernikus berichtigen mussten, ein damaliger Rückschritt für die Astronomie genannt werden konnten, wird auch die hier vorgeschlagene Berichtigung der Newton'schen Gravitationslehre ein Rückschritt für die physische Astronomie sein. Und daher fordern wir nochmals alle Astronomen und Physiker auf, das hier Dargebotene zu prüfen. Möge man doch nun endlich die Principien einer wahren physischen Astronomie vollenden und so auf die würdigste Weise in die Fusstapfen eines Kopernikus, Kepler und Newton treten, deren rühmlichen Vorgang man durch eine noch weitere wissenschaftliche Fortbildung der von ihnen gegründeten neueren Astronomie jedenfalls höher ehrt, als durch ein starres und unveränderliches Festhalten des von ihnen Gegebenen!

den neuesten Fortschritten aller mit der veränderten Wissen-
schaften angeschlossen, als in die Reihe der Gravitation bei-
geordnete Grundsätze in jeder Hinsicht darstellen. Es ist
ist, die Gravitation, welche wir, neben der Gravitation aller
durchaus anziehenden Massen, der Sonne und allen selbststän-
digen Fixsternen vordringen müssen, bedarf keiner besonderen Gesetze
der Abnahme, wie diese, und folglich wird auch nicht eine
allgemeine Gravitationskonstante oder auch nur die Gravitation
bedeutet, die man bisher nach den Kepler'schen und Newton'schen
Grundsätzen angenommen hatte. Die astronomischen Beobachtungen der
aus bekannten Umständen hervorgehenden von einander und die ganze Ge-
schichte der Gravitation haben mit allen physikalischen
schon in die kleinste Hinsicht der Gravitations-
theorie, haben durch die hier vorgeschlagene Vertheilung
und wissenschaftliche Folgerungen der Newton'schen Gravitation
unverändert. Es sollen nur andere Ansichten über die wirk-
liche Beschaffenheit der Gravitation und die Gesetze der

Druck von EDUARD KRAUSE in Berlin.

der Gravitation über, noch andere, die man
weiter gehen, so wie man es bisher nicht
nach erkannt gewesen. Die Grundsätze der Gravitation
schon der Astronomie und Physik vollständig gemacht
werden! Hier so wenig als, als Kepler's Gesetze, welche die
Theorien der Gravitation betreffen, werden, die dann
Hilfskräfte für die Astronomie genannt werden können, wird
auch die hier vorgeschlagene Beschreibung der Newton'schen
Gravitationskräfte ein Rücksicht für die physische Astronomie
sein. Und daher können wir nochmals alle Astronomie und
Physik, und das hier Beschriebene zu einem Mäße man doch
nicht die Prinzipien einer wahrhaft physikalischen Astronomie
verloren und so auf die würdige Weise in die Fundamente der
Kepler'schen, Newton'schen und Laplace'schen Theorie
Nur man durch eine noch weitere wissenschaftliche Fort-
bildung der von ihnen gegründeten neueren Astronomie, die
die höhere Physik durch ein älteres und neueres
Kontinuum der Gravitation

Folgende Druckfehler bittet man wegen Entfernung des Verfassers vom Druckorte zu entschuldigen.

- S. 19. Z. 5 v. u. lies Fort Bowen für Fort Brown
 S. 20. Z. 16 v. o. l. Cassini, f. Cessini,
 S. 21. Z. 2. 6. 12. u. 16 v. o. und Z. 4 und 9 v. u. l. Kendal für Kendel
 S. 23. Z. 9 v. o. l. Condamine f. Condemine
 S. 23. Z. 10 u. 18 v. o. l. Bauza, f. Beuza,
 S. 27. Z. 12 v. u. l. stetig f. stark
 S. 39. Z. 21 v. o. l. Athmosphären? f. Athmosphäre?
 S. 55. Z. 19 v. o. muss das Komma gestrichen werden.
 S. 60. Z. 17 l. Eulero, f. Euleri,
 S. 62. Z. 11 v. u. l. $\frac{M}{D^2} \times V - n C$ für $\frac{M}{D^2} + V - n C$.
 S. 69. Z. 2 v. u. Albinovanum f. Albinoranum
 S. 77. Z. 14 v. o. l. die Luft f. das Licht
 S. 80. Z. 9 v. u. l. Ellipticität f. Eklipticität
 S. 83. Z. 9 v. o. l. den Medien f. dem Medium
-

Folgende Druckfehler bittet man wegen Entfernung des Ver-
fassers vom Druckorte zu entschuldigen.

S. 19.	X. 5 v. n.	lies Fort Bowen für Fort Brown
S. 20.	X. 13 v. o.	l. Cassini, f. Cassini.
S. 21.	X. 2. 6. 12. u. 16 v. n. und X. 4 und 9 v. n.	l. Rendel für Rendel
S. 23.	X. 9 v. o.	l. Condamine f. Condamine
S. 23.	X. 10 u. 18 v. o.	l. Bana f. Bana.
S. 27.	X. 12 v. n.	l. stetig f. stark
S. 30.	X. 21 v. o.	l. Atmosphären? f. Atmosphäre?
S. 55.	X. 19 v. o.	mus das Komma gestrichen werden
S. 60.	X. 17 f. Rubro,	f. Rubri.
S. 62.	X. 11 v. n.	l. $\frac{H}{D_2} \times V - n C$ für $\frac{H}{D_2} + V - n C$.
S. 69.	X. 2 v. n.	Alpinismus f. Alpinismus
S. 77.	X. 14 v. o.	l. die Luft f. das Licht
S. 80.	X. 9 v. o.	l. Ellipticität f. Ellipticität
S. 83.	X. 9 v. o.	l. von Medien f. dem Medium

Buchholtz, Fr.

Kritik der isochronen Bewegungen

Berlin 1847

Phys.sp. 116 m

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133475-8